

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年5月9日(09.05.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/087976 A1

(51) 国際特許分類:

G06T 7/00 (2017.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/039936

(22) 国際出願日: 2018年10月26日(26.10.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2017-209768 2017年10月30日(30.10.2017) JP

(71) 出願人: 日立造船株式会社(HITACHI ZOSEN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 山田 雄也(YAMADA, Yuya); 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 日立造船株式会社内 Osaka (JP). 岡本 拓也(OKAMOTO, Takuya); 〒5598559 大阪府大阪

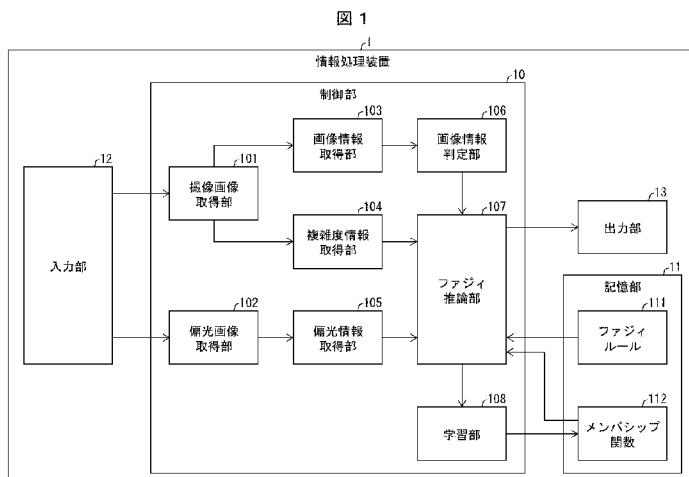
市住之江区南港北1丁目7番89号 日立造船株式会社内 Osaka (JP). 福田 直晃(FUKUDA, Naoaki); 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 日立造船株式会社内 Osaka (JP). 藤吉 誠(FUJIYOSHI, Makoto); 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 日立造船株式会社内 Osaka (JP). 大淵 隆文(OHFUCHI, Takafumi); 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 日立造船株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 H A R A K E N Z O W O R L D P A T E N T & T R A D E M A R K (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: INFORMATION PROCESSING DEVICE, INFORMATION PROCESSING METHOD, AND INFORMATION PROCESSING PROGRAM

(54) 発明の名称: 情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラム



- 1 Information processing device
- 10 Control unit
- 11 Storage unit
- 12 Input unit
- 13 Output unit
- 101 Captured image acquisition unit
- 102 Polarized image acquisition unit
- 103 Image information acquisition unit
- 104 Complexity information acquisition unit
- 105 Polarization information acquisition unit
- 106 Image information determination unit
- 107 Fuzzy inference unit
- 108 Learning unit
- 111 Fuzzy rule
- 112 Membership function

(57) Abstract: An information processing device (1) is provided with: a complexity information acquisition unit (104) that acquires the complexity information of an imaging target; an image information acquisition unit (103) that acquires the image information of the aforementioned imaging target; a polarization information acquisition unit (105) that acquires the polarization information of the aforementioned imaging target; and a fuzzy inference unit (107) that determines a prescribed determination matter relating to the imaging target on the basis of the aforementioned items of information. Thus, the information processing device (1) makes it possible to improve determination accuracy and to expand the targets for which the determination can be performed.

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 情報処理装置(1)は、撮像対象の複雑度情報を取得する複雑度情報取得部(104)と、上記撮像対象の画像情報を取得する画像情報取得部(103)と、上記撮像対象の偏光情報を取得する偏光情報取得部(105)と、上記各情報に基づいて撮像対象に関する所定の判定事項を判定するファジィ推論部(107)と、を備えているので、判定精度の向上および判定可能な対象の拡張が可能である。

明 細 書

発明の名称：

情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、画像解析によって、所定の判定事項を判定する情報処理装置等に関する。

背景技術

[0002] 従来から、画像解析によって所定の判定事項を判定する技術の開発が進められている。例えば、下記の特許文献1には、食品の画像を撮像し、撮像した画像に2値化処理等を施して、食品に混入した異物を検出する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2008-541007号公報（2008年11月20日公表）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述のような従来技術には、判定精度の向上および判定可能な対象の拡張について、改善の余地がある。例えば、食品には、プラスチック、ガラス、あるいはビニール等の透明な異物が混入する可能性がある。しかし、このような異物の存在は通常の撮像画像では認識し難いため、特許文献1の技術ではこのような異物を検出対象とすることができないか、または検出対象とすることができたとしても検出精度が低くなってしまうおそれがある。また、特許文献1の技術では、形状に微細な差異を有する異物を互いに識別すること等は難しい。

[0005] 本発明の一態様は、画像解析によって所定の判定事項を判定する情報処理装置において、判定精度の向上および判定可能な対象の拡張を実現すること

を目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る情報処理装置は、撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状の複雑さの度合いを示す複雑度情報を取得する複雑度情報取得部と、上記撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状および色の少なくとも何れかを示す画像情報を取得する画像情報取得部と、上記撮像対象を撮像した偏光画像から偏光情報を取得する偏光情報取得部と、上記複雑度情報と、上記画像情報と、上記偏光情報とに基づいて上記撮像対象に関する所定の判定事項を判定する判定部と、を備えている。

[0007] また、上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る情報処理方法は、情報処理装置による情報処理方法であって、撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状の複雑さの度合いを示す複雑度情報を取得する複雑度情報取得ステップと、上記撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状および色の少なくとも何れかを示す画像情報を取得する画像情報取得ステップと、上記撮像対象を撮像した偏光画像から偏光情報を取得する偏光情報取得ステップと、上記複雑度情報と、上記画像情報と、上記偏光情報と、を用いて上記撮像対象に関する所定の判定事項を判定する判定ステップと、を含む。

発明の効果

[0008] 本発明の一態様によれば、従来技術と比べて、判定精度を向上し、判定可能な対象を拡張することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施形態1に係る情報処理装置の要部構成の一例を示すブロック図である。

[図2]本発明の実施形態1の撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。

[図3]上記情報処理装置が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

[図4]図3のS6で行われる判定処理の一例を示すフローチャートである。

[図5]本発明の実施形態1におけるファジィ推論の一例を示す図である。

[図6]画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論により判定する判定処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]画像情報に対応するメンバシップ関数の例を示す図である。

[図8]画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いた判定処理のパターンを示す図である。

[図9]本発明の実施形態2における撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。

[図10]本発明の実施形態3における撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。

[図11]ごみピット内を撮像した撮像画像と偏光画像の例を示す図である。

[図12]本発明の実施形態4における撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。

[図13]本発明の実施形態5における撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。

[図14]本発明の実施形態6における撮像対象とその撮像方法の一例、並びに該実施形態における制御部の構成例を示す図である。

[図15]図12のカメラにより撮像された画像の例を示す図である。

[図16]本発明の実施形態7における撮像対象とその撮像方法の一例、並びに該実施形態における制御部の構成例を示す図である。

[図17]路面を撮像した偏光画像において、偏光情報が特徴的な領域をマーキングした例を示す図である。

[図18]本発明の実施形態8における撮像対象とその撮像方法の一例、並びに該実施形態における制御部の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 〔実施形態1〕

以下、本発明の一実施形態について、図1から図6に基づいて詳細に説明する。

[0011] 〔装置構成〕

図 1 は、本発明の実施形態 1 に係る情報処理装置 1 の要部構成の一例を示すブロック図である。情報処理装置 1 は、撮像対象を撮像した画像に基づいて所定の判定事項を判定する装置である。情報処理装置 1 は、例えばパーソナルコンピュータのような計算装置であってもよい。情報処理装置 1 は、据え置き型の装置であっても、携帯型の装置であってもよい。また、情報処理装置 1 は、上記の判定以外の機能を備えていてもよく、この場合、上記判定が主な機能であってもよく、他の機能が主な機能であってもよい。

[0012] 図示のように、情報処理装置 1 は、情報処理装置 1 の各部を統括して制御する制御部 10 と、情報処理装置 1 が使用する各種データを格納する記憶部 11 を備えている。制御部 10 には、撮像画像取得部 101、偏光画像取得部 102、画像情報取得部 103、複雑度情報取得部 104、偏光情報取得部 105、画像情報判定部 106、ファジィ推論部 107、および学習部 108 が含まれている。記憶部 11 にはファジィルール 111 とメンバシップ関数 112 が格納されている。

[0013] また、情報処理装置 1 は、情報処理装置 1 に対する入力を受け付ける入力部 12 と、情報処理装置 1 がデータを出力するための出力部 13 を備えている。入力部 12 は例えば外部の装置からデータを有線または無線で受信するものであってもよいし、マウスやキーボードなどの入力装置であってもよい。また、出力部 13 は、表示出力を行う表示装置等であってもよいし、音声出力を行うスピーカ等であってもよく、印字出力を行うプリンタ等であってもよい。この他にも、例えば出力部 13 は外部の装置にデータを有線または無線で出力するものであってもよい。また、例えばタッチパネル等のように、入力部 12 と出力部 13 とが一体に構成された装置を採用してもよい。なお、入力部 12 および出力部 13 は、情報処理装置 1 に外付けされた、情報処理装置 1 の外部の装置であってもよい。

[0014] 撮像画像取得部 101 は、撮像対象を撮像した画像を取得する。この画像は、入力部 12 を介して入力されたものであってもよい。また、この画像が

記憶部 11 に格納されている場合、撮像画像取得部 101 は、記憶部 11 から当該画像を取得してもよい。以下では、撮像画像取得部 101 が取得する画像を撮像画像と呼ぶ。撮像画像は、撮像対象の形状（外部形状または内部形状）、色等を示す画像であればよい。例えば、撮像画像は、偏光カメラではない通常の光学カメラで偏光フィルタ等を介さずに撮像された画像であってもよい。また、撮像対象の形状を示すものであれば偏光カメラ等で撮像された画像等であってもよい。この他、上記のような各画像を画像処理したものを撮像画像として用いてもよい。

[0015] 偏光画像取得部 102 は、撮像対象を撮像した偏光画像を取得する。偏光画像は、撮像対象で反射した反射光、または撮像対象を透過した透過光に含まれる偏光に関する情報を含む画像であり、例えば偏光カメラで撮像された画像である。s 偏光と p 偏光は反射率が異なるため、撮像対象に入射する前後で s 偏光と p 偏光に関する偏光情報に差が生じる。また、撮像対象を光が透過した場合、透過の前後で光の位相差（偏光情報）に変化が生じる。偏光画像取得部 102 は、このような偏光情報を含む偏光画像を取得する。可視光に対して透明な撮像対象であっても、偏光情報には上記のような差や変化が生じ得るので、偏光画像を用いて判定を行うことにより、透明な撮像対象に関する判定を高精度に行うことが可能になる。

[0016] 画像情報取得部 103 は、撮像画像取得部 101 が取得した撮像画像から画像情報を生成する。この画像情報は、上記撮像画像に表れている、上記撮像対象の形状および色の少なくとも何れかを示す情報である。

[0017] 例えば、上記撮像画像が、視覚によって撮像対象の外部から知覚できる撮像対象の形状と色、すなわち撮像対象の外観を表している場合、当該外観の少なくとも一部の要素を示す情報を画像情報とする。例えば、撮像対象の輪郭線を示す情報を画像情報としてもよいし、撮像対象の色を示す情報を画像情報としてもよく、それらの両方を画像情報としてもよい。

[0018] また、例えば、上記撮像画像が、撮像対象の外部からは視認できない、撮像対象の内部の形状を表している場合、当該内部の形状を示す情報を画像情

報とする。例えば、X線を用いて撮像したX線撮像画像を用いる場合、画像情報は、撮像対象の内部の形状（撮像対象が生体であれば骨の形状等）を示すものとする。

[0019] また、撮像対象の外観を示す画像情報と、撮像対象の内部の形状を示す画像情報とを併用してもよい。さらに、例えば、撮像画像の解析等によって得られた撮像対象の性質（例えば材質等）を示す情報を画像情報と併用としてもよい。なお、本実施形態では、画像情報取得部103が自ら生成した画像情報を取得する例を説明するが、画像情報は情報処理装置1の外部の装置で生成してもよく、この場合には画像情報取得部103は当該装置から画像情報を取得する。

[0020] 複雑度情報取得部104は、撮像画像取得部101が取得した撮像画像から、撮像対象の形状の複雑さの度合いを示す複雑度情報を生成する。複雑度情報は、自然光で撮像した撮像画像から生成することができる他、X線撮像画像等の自然光以外の光線を用いて撮像した撮像画像から生成することもできる。また、偏光画像から生成することもできる。複雑度情報の生成については後述する。なお、本実施形態では、複雑度情報取得部104が自ら生成した複雑度情報を取得する例を説明するが、複雑度情報は情報処理装置1の外部の装置で生成してもよく、この場合には複雑度情報取得部104は当該装置から複雑度情報を取得する。

[0021] 偏光情報取得部105は、偏光画像取得部102が取得した偏光画像から偏光情報を生成する。偏光情報は、撮像対象で反射した反射光または撮像対象を透過した透過光における偏光に関する情報であればよく、例えば偏光方位、位相差、偏光度、および楕円率の少なくとも何れかを偏光情報としてもよい。楕円率を偏光情報とする場合、偏光情報取得部105は、偏光画像の各画素における画素値（光強度）から楕円率を算出する。なお、本実施形態では、偏光情報取得部105が自ら生成した偏光情報を取得する例を説明するが、偏光情報は情報処理装置1の外部の装置で生成してもよく、この場合には偏光情報取得部105は当該装置から偏光情報を取得する。

- [0022] 画像情報判定部 106 は、画像情報取得部 103 が生成した画像情報を用いて撮像対象に関する判定を行う。具体的には、画像情報判定部 106 は、画像情報を用いて、撮像画像に写っている撮像対象が何であることを判定する。この判定には、例えば FCM (Fuzzy-C-Means) 識別器を用いてもよい。この場合、撮像対象となる可能性のあるものをクラスとして設定し、入力データとクラスとの対応関係を予め学習させておく。これにより、新たな入力データ（画像情報取得部 103 が生成した画像情報）から、該当するクラスを判定することができる。
- [0023] ファジィ推論部 107 は、複雑度情報と、画像情報と、偏光情報とに基づいて撮像対象に関する所定の判定事項を判定する。詳細は後述するが、この判定は、画像情報、複雑度情報、および偏光情報の少なくとも 2 つを前件部に含み、所定の判定事項の判定結果が後件部であるファジィルールを用いたファジィ推論により行う。
- [0024] 学習部 108 は、画像情報、複雑度情報、および偏光情報の少なくとも 2 つの組み合わせと、上記所定の判定事項の正しい判定結果および誤った判定結果の少なくとも何れかとの相関関係を機械学習する。
- [0025] ファジィルール 111 およびメンバシップ関数 112 は、ファジィ推論部 107 がファジィ推論に用いるデータである。これらの詳細は後述する。また、メンバシップ関数 112 には、学習部 108 による機械学習の結果が反映される。これについては、後記〔学習〕の項目で説明する。
- [0026] 〔判定に用いる画像と判定事項〕
- 本実施形態の撮像対象は小魚であり、本実施形態の判定事項は小魚に混ざっている異物が何か、である。これについて図 2 に基づいて説明する。図 2 は、本発明の実施形態 1 の撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。
- [0027] 図 2 の例では、台上に多数の小魚 F が載せられており、その上方にカメラ（撮像装置）C が配置されている。つまり、カメラ C の撮像対象は、小魚 F である。情報処理装置 1 は、小魚 F に異物が混ざっている場合に、その異物が何であることを特定する。図 2 では、異物 X1～X5 が小魚 F に混ざっている。

る。X 1 はガラス片、X 2 は貝殻、X 3 はビニール片、X 4 は針金、そして X 5 は髪の毛である。

[0028] 情報処理装置 1 は、カメラ C が上記撮像対象を撮像した撮像画像を解析して、小魚に混ざっている異物が何であることを判定する。また、図 2 と同様にして偏光カメラによって上記撮像対象を撮像して偏光画像を得る。この偏光画像も上記判定に用いられる。

[0029] [処理の流れ]

情報処理装置 1 が実行する処理の流れを図 3 に基づいて説明する。図 3 は、情報処理装置 1 が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

[0030] S 1 では、撮像画像取得部 101 は、撮像対象を撮像した撮像画像を取得する。そして、S 2 では、画像情報取得部 103 は、S 1 で取得された撮像画像を用いて画像情報を生成する。

[0031] S 3 では、複雑度情報取得部 104 は、S 1 で取得された撮像画像を用いて複雑度情報を生成する。なお、撮像対象が同じであれば、S 1 で取得された撮像画像とは異なる撮像画像を用いてもよい。複雑度情報の生成においては、例えば、複雑度情報取得部 104 は、まず上記撮像画像のエッジ、すなわち撮像対象の外形の輪郭線を抽出してもよい。そして、複雑度情報取得部 104 は、その輪郭線のフラクタル次元を、複雑度情報として算出してもよい。フラクタル次元の算出には、例えばボックスカウント法（ボックスカウンティング法）や、Modified Pixel Dilation法等を用いることができる。なお、S 2 で生成する画像情報が、撮像画像において抽出されたエッジを示す情報であれば、その情報を利用してフラクタル次元を算出してもよい。

[0032] S 4 では、偏光画像取得部 102 は、撮像対象を撮像した偏光画像を取得する。そして、S 5 では、偏光情報取得部 105 は、S 4 で取得された偏光画像を用いて偏光情報を生成する。例えば、偏光情報として楕円率を用いる場合、偏光情報取得部 105 は、上記偏光画像の各画素における画素値（光強度）から楕円率を算出する。

[0033] S 6 では、画像情報判定部 106 とファジィ推論部 107 は、S 2 で生成

された画像情報と、S 3 で生成された複雑度情報と、S 5 で生成された偏光情報とを用いて判定処理を行う。これにより、図示の処理は終了する。

[0034] 〔判定処理の流れ〕

上記判定処理の流れを図 4 に基づいて説明する。図 4 は、図 3 の S 6 で行われる判定処理の一例を示すフローチャートである。また、ファジィ推論に関連する処理については、図 5 を参照して説明する。図 5 は、本実施形態におけるファジィ推論の一例を示す図である。

[0035] S 6 1 では、画像情報判定部 1 0 6 は、画像情報から撮像対象が何であることを判定する。なお、本実施形態のように、複数の撮像対象が 1 つの撮像画像に含まれる場合には、画像情報を用いて撮像画像から複数の撮像対象をそれぞれ抽出し、抽出した各撮像対象について判定を行えばよい。この判定には、例えば、画像情報を入力データとし、クラスを「小魚」、「髪の毛」、「針金」、および「ガラス、貝殻、またはビニール」等として学習させた FCM 識別器を用いることができる。この判定により、例えば、撮像対象が「針金」である確率は、 $50 \pm \alpha$ [%] (α は任意の値) の範囲にある等との結果が得られる。

[0036] S 6 2 以下の処理は、S 6 1 の判定精度を高めるために行われる。例えば、S 6 1 の判定結果が、撮像対象が「針金」である確率が、 $50 \pm \alpha$ ($\alpha = 20$) [%] の範囲、すなわち 30 % ~ 70 % の範囲であった場合、撮像対象が「針金」であるか「髪の毛」であるかを区別できているとは言えない。このため、S 6 2 以下の処理では、撮像対象が「針金」であるか「髪の毛」であるかをファジィ推論によって判定する。よって、S 6 2 以下の処理で使用するメンバシップ関数 1 1 2 とファジィルール 1 1 1 は、少なくとも撮像対象が「針金」であるか「髪の毛」であるかを判定可能なものとする。なお、S 6 1 の判定結果に応じて異なるメンバシップ関数 1 1 2 とファジィルール 1 1 1 を用いてもよい。この場合、予めメンバシップ関数 1 1 2 とファジィルール 1 1 1 を複数組用意しておき、S 6 1 の判定結果に応じたメンバシップ関数 1 1 2 とファジィルール 1 1 1 を選択して使用すればよい。

[0037] S 6 2では、ファジィ推論部 1 0 7は、偏光情報について各ファジィ集合への適合度を算出する。S 6 2の適合度の算出には、例えば図 5 の（a）に示すようなメンバシップ関数 1 1 2を用いることができる。図示のメンバシップ関数 1 1 2は、横軸が楕円率、縦軸が適合度（0～1）である。このメンバシップ関数では、楕円率「小」、「中」、「大」の3つのファジィ集合が規定されている。例えば、同図の例において、楕円率の値が $x a$ であった場合、ファジィ推論部 1 0 7は、メンバシップ関数 1 1 2に $x a$ を代入して、楕円率「小」の適合度を $a 2$ 、「中」の適合度を $a 1$ と算出する。なお、この場合、楕円率「大」の適合度は0とする。

[0038] S 6 3では、ファジィ推論部 1 0 7は、複雑度情報について各ファジィ集合への適合度を算出する。S 6 3の適合度の算出には、例えば図 5 の（b）に示すようなメンバシップ関数 1 1 2を用いることができる。図示のメンバシップ関数 1 1 2は、横軸が複雑度、縦軸が適合度（0～1）である。このメンバシップ関数 1 1 2では、複雑度「小」、「中」、「大」の3つのファジィ集合が規定されている。例えば、同図の例において、複雑度の値が $x b$ であった場合、ファジィ推論部 1 0 7は、メンバシップ関数 1 1 2に $x b$ を代入して、複雑度「中」の適合度を $b 1$ 、「大」の適合度を $b 2$ と算出し、「小」の適合度は0とする。

[0039] S 6 4では、ファジィ推論部 1 0 7は、S 6 2およびS 6 3でそれぞれ算出した適合度を用いて、各ファジィルール 1 1 1について推論値を算出する。使用するファジィルール 1 1 1は、前件部（I F）に楕円率と複雑度に関連した条件が含まれており、後件部（T H E N）が、撮像対象が何であることを示したものであればよい。例えば、図 5 の（c）に示すようなファジィルール 1～3を用いることができる。このように、ファジィルール 1 1 1では、相関関係が言語で表されるので、そのルールの意図が明確に理解できるという利点がある。図 5 の（c）のファジィルール 1～3を用いる場合のS 6 4の処理は次段落に記載の通りである。

[0040] ファジィルール 1 の前件部における楕円率「大」の適合度は0であり、複

雑度「小」の適合度も0であるから、ファジィ推論部107は、ファジィルール1の推論値を0とする。一方、ファジィルール2の前件部における橢円率「中」の適合度は a_1 であり、複雑度「中」の適合度は b_1 である。ファジィ推論部107は、このうち数値の低い方を前件部の値とする。つまり、ファジィ推論部107は、ファジィルール2の推論値を a_1 とする。また、ファジィルール3の前件部における橢円率「小」の適合度は a_2 であり、複雑度「大」の適合度は b_2 であるから、ファジィ推論部107は、ファジィルール3の推論値を a_2 とする。

[0041] S65では、ファジィ推論部107は、S64で算出した各推論値を用いて、各ファジィルールに対応する出力値を算出する。この出力値は、撮像対象が何であるかの判定結果を示すものであるから、S65では所定の判定事項を判定していることになる。

[0042] S65の出力値の算出には、例えば図5の(d)に示すようなメンバシップ関数112を用いることができる。このメンバシップ関数112の縦軸は適合度であり、横軸は撮像対象が「髪の毛」、「針金」、または「ガラス、貝殻、またはビニール」である確率(%)である。例えば、「髪の毛」のファジィ集合の左端は、撮像対象が「髪の毛」である確率が100%であり、「髪の毛」のファジィ集合の右端は、撮像対象が「髪の毛」である確率が0%、「針金」である確率が100%である。

[0043] 上記の例のようにファジィルール2の推論値が a_1 であれば、メンバシップ関数112の「針金」に対応する部分と、適合度= a_1 の直線とで囲まれる台形部分が、ファジィルール2の後件部の値となる。同様に、ファジィルール3の推論値が a_2 であれば、メンバシップ関数112の「髪の毛」に対応する部分と、適合度= a_2 の直線とで囲まれる台形部分が、ファジィルール3の後件部の値となる。ファジィ推論部107は、これらの台形部分を統合して、最終的な出力値を算出する。ファジィ推論部107は、例えば、2つの台形を重ね合わせた図形における重心位置を、最終的な出力値として算出してもよい。

[0044] S 6 6 では、ファジィ推論部 1 0 7 は、S 6 5 で算出した出力値に基づいて、判定結果を出力部 1 3 に出力させる。例えば、上記出力値が、撮像対象が「髪の毛」である確率が 8 0 % であり、「針金」である確率が 2 0 % であることを示す値であれば、その旨を示す画像を出力部 1 3 に表示出力させてもよい。

[0045] また、ファジィ推論部 1 0 7 は、最終的な出力値に S 6 1 の判定結果を反映させてもよい。例えば、S 6 1 の判定結果が、撮像対象が「針金」である確率が、 $50 \pm \alpha$ ($\alpha = 20$) [%] の範囲であり、S 6 5 の判定結果が、撮像対象が「針金」である確率が Y % であった場合を考える。この場合、例えば、S 6 5 の判定結果が $50 \pm \alpha$ の範囲に対する割合であるとして、最終的な判定結果を下記の数式で算出してもよい。この数式によれば、例えば $\alpha = 20$ [%]、 $Y = 30$ [%] であった場合、最終的な判定結果は 4 2 % となる。

[0046] (最終的な判定結果 (%)) = $(50 - \alpha) + 2\alpha \times Y / 100$

また、例えば、S 6 1 の判定結果を、数値範囲ではなく数値で算出した場合、S 6 1 の判定結果 X [%] と、S 6 5 の判定結果 Y [%] の平均値（例えば算術平均値）を最終的な判定結果としてもよい。

[0047] [判定処理の変形例]

図 4 の例では、S 6 1 にて、画像情報を用いて撮像対象が何であることを判定した上で、偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論により最終的な判定結果を出力している。しかしながら、最終的な判定結果は、少なくとも画像情報と偏光情報と複雑度情報との 3 種類の情報を何らかの形で用いて算出されたものであればよく、上記の例に限られない。例えば、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論により最終的な判定結果を出力してもよい。

[0048] 図 6 は、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論により判定する判定処理の一例を示すフローチャートである。なお、図 6 の例では、画像情報を用いてファジィ推論を行うため、偏光情報に対応するメンバシ

ップ関数 1 1 2 と複雑度情報に対応するメンバシップ関数 1 1 2 とに加え、画像情報に対応するメンバシップ関数 1 1 2 を予め用意しておく。また、これらメンバシップ関数 1 1 2 によって算出される適合度を前件部としたファジィルール 1 1 1 も予め用意しておく。

[0049] S 1 6 1 では、ファジィ推論部 1 0 7 は、画像情報に対応するメンバシップ関数 1 1 2 を用いて、図 3 の S 2 で生成された画像情報について各ファジィ集合への適合度を算出する。画像情報に対応するメンバシップ関数 1 1 2 は、例えば図 7 に示すようなものであってもよい。図 7 は、画像情報に対応するメンバシップ関数 1 1 2 の例を示す図である。同図の (a) のメンバシップ関数 1 1 2 では、画像情報が示す撮像対象の長さについて、「短」、「中」、「長」の 3 つのファジィ集合が規定されている。また、同図の (b) のメンバシップ関数 1 1 2 では、画像情報が示す撮像対象の大きさについて、「小」、「中」、「大」の 3 つのファジィ集合が規定されている。そして、同図の (c) のメンバシップ関数 1 1 2 では、画像情報が示す撮像対象の色について、「黒」、「灰」、「白」の 3 つのファジィ集合が規定されている。これらのメンバシップ関数 1 1 2 を用いることにより、長さ、大きさ、および色という 3 つの要素から撮像対象が何であることを判定することができる。無論、これらのメンバシップ関数 1 1 2 は例示であり、撮像対象の他の特性に着目したメンバシップ関数 1 1 2 を適用してもよい。

[0050] 続く S 1 6 2 および S 1 6 3 は、図 4 の S 6 2 および S 6 3 と同様である。すなわち、S 1 6 2 では、ファジィ推論部 1 0 7 は、偏光情報に対応するメンバシップ関数 1 1 2 を用いて図 3 の S 4 で生成された偏光情報について各ファジィ集合への適合度を算出する。また、S 1 6 3 では、ファジィ推論部 1 0 7 は、複雑度情報に対応するメンバシップ関数 1 1 2 を用いて図 3 の S 3 で生成された複雑度情報について各ファジィ集合への適合度を算出する。

[0051] S 1 6 4 では、ファジィ推論部 1 0 7 は、S 1 6 1 ~ S 1 6 3 で算出した適合度を用いて、各ファジィルールについて推論値を算出する。使用するフ

ァジールールは、前件部（ＩＦ）に偏光情報と複雑度情報と画像情報とに関連した条件が含まれており、後件部（ＴＨＥＮ）が、撮像対象が何であることを示したものであればよい。

[0052] Ｓ１６５では、ファジィ推論部１０７は、Ｓ６４で算出した各推論値を用いて、各ファジールールに対応する出力値を算出する。この出力値は、撮像対象が何であるかの判定結果を示すものであるから、Ｓ１６５では所定の判定事項を判定していることになる。Ｓ１６５の出力値の算出には、図４のＳ６５と同様に、予め用意したメンバシップ関数１１２を用いることができる。Ｓ１６６は、図４のＳ６６と同様である。

[0053] なお、判定処理の主なパターンは、例えば図８のように表される。図８は、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いた判定処理のパターンを示す図である。同図の（ａ）のパターンでは、画像情報に基づく判定結果と偏光情報に基づく判定結果と複雑度情報に基づく判定結果とを統合して出力値を算出する。出力値の算出は上述のようにファジィ推論部１０７が行う。上述の図６の例がこのパターンに該当する。

[0054] 同図の（ｂ）のパターンでは、画像情報に基づく判定を行った上で、偏光情報に基づく判定結果と複雑度情報に基づく判定結果とを統合して出力値を算出する。上述の図４の例がこのパターンに該当する。なお、偏光情報に基づく判定では、偏光情報に加えて画像情報も用いてもよい。複雑度情報に基づく判定も同様である。

[0055] 同図の（ｃ）のパターンでは、偏光情報に基づく判定を行った上で、画像情報に基づく判定結果と複雑度情報に基づく判定結果とを統合して出力値を算出する。この場合、画像情報判定部１０６の代わりに、偏光情報に基づいて所定の判定事項を判定する偏光情報判定部（第３判定部）を設ければよい。そして、ファジィ推論部（第４判定部）１０７は、画像情報および複雑度情報と、上記偏光情報判定部の判定結果とに基づいて上記所定の判定事項を判定する。

[0056] 同図の（ｃ）のパターンは、画像情報や複雑度情報では判定が難しいが、

偏光情報を用いることで判定が可能な場合に好適に適用できる。例えば、撮像対象から黒色の物体や球体などの物体を検出する場合、撮像画像から取得した該物体の二次元情報では、物体が平面であるか立体であるか区別し難くなることがある。他方、偏光情報には、立体の形状情報が反映されるため、偏光情報を用いることにより、画像中から立体である可能性が高いものを検出できる。これを利用して、まず偏光情報によって検出対象を大まかに判別した後、他の情報を用いて詳細に判定することで、検出対象に関する判定を効率的に行うことができる。

[0057] 〔学習〕

情報処理装置 1 は、学習部 108 を備えているため、ファジィ推論部 107 の判定精度を向上させることができる。学習部 108 による機械学習は、ファジィ推論部 107 による判定を行う前に予め行っておく事前学習であってもよいし、ファジィ推論部 107 による判定結果に基づいて行う事後学習であってもよく、これらの両方であってもよい。

[0058] 事前学習を行う場合、撮像画像と偏光画像と正しい判定結果とを対応付けた学習用データセットを多数用意する。ファジィ推論部 107 は、その撮像画像と偏光画像とを用いて判定を行い、学習部 108 は、その判定結果と正しい判定結果との差異に応じた評価値（差異が小さいほど高評価とする）を算出する。そして、学習部 108 は、上記評価値に基づいてファジィ推論部 107 が判定に用いるパラメータを最適化する。

[0059] 例えば、学習部 108 は、所定の評価関数により上記評価値を算出してもよい。そして、最適化するパラメータは、例えば適合度の算出に用いるメンバシップ関数 112（入力メンバシップ関数）の位置（例えば各ファジィ集合の中心を示す数値）であってもよい。また、最適化するパラメータは、判定結果の算出に用いるメンバシップ関数 112（出力メンバシップ関数）の位置であってもよく、それらの両方であってもよい。

[0060] 事後学習を行う場合、ファジィ推論部 107 による判定結果の評価はユーザが入力してもよい。その後の処理は事前学習と同様である。事後学習を行

うことにより、情報処理装置 1 の判定精度を向上させることができる。

[0061] なお、機械学習の手法は、判定精度を向上させることができるような手法であればよく、上記の例に限定されない。例えば、ニューラルネットワークを用いた学習なども可能である。この他にも、例えば、遺伝的アルゴリズム、ディープラーニング、強化学習、またはサポートベクターマシンなどを用いた学習も適用できる。

[0062] 〔実施形態 2〕

本発明の他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。実施形態 3 以降も同様である。

[0063] 本実施形態の撮像対象は搬送ライン上を搬送される製品であり、本実施形態の判定事項は搬送ラインに異物が存在するか否かである。これについて図 9 に基づいて説明する。図 9 は、本発明の実施形態 2 における撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。

[0064] 図 9 の例では、複数の製品 P が搬送ライン L の上を、同図に白抜き矢印で示す方向に搬送されており、その上方にカメラ（撮像装置）C が配置されている。カメラ C の撮像対象は、製品 P である。搬送ライン L は例えばベルトコンベアであり、製品は例えば食品である。情報処理装置 1 は、製品 P の搬送が行われている期間中、継続的に、搬送ライン L に異物 X が存在するか否かを判定する。また、図 9 と同様にして偏光カメラによって上記撮像対象を撮像して偏光画像を得る。この偏光画像も上記判定に用いられる。これにより、異物 X が例えば透明フィルム等のように透光性を有するものであっても、見落とすことなくその存在を検出することができる。

[0065] そして、情報処理装置 1 は、異物が存在すると判定したときには、その旨を示す情報を出力する。これにより、異物 X が混入した製品 P を出荷してしまうことを防ぐことができる。なお、情報処理装置 1 は、異物が存在すると判定したときには、搬送を停止させる、警告ランプを点灯させる等の処理を行って、異物が存在することをユーザに通知する処理をさらに行ってもよい。

。

[0066] 〔判定処理〕

本実施形態においても実施形態１と同様に、図３のような流れで画像の取得と各種情報の生成が行われ、生成した各種情報に基づいて判定処理が行われる。なお、異物が透明フィルム等のように透光性を有するものである場合、通常の撮像画像から得られた複雑度情報には異物の影響が反映され難い。このため、Ｓ３はＳ４の後で行い、かつＳ３では偏光画像から複雑度情報を生成してもよい。

[0067] 判定処理は、図４の例のように、まず画像情報から異物が存在する否かを判定し、その後で、偏光情報と複雑度情報を用いたファジィ推論で最終的な判定を行ってもよい。この場合、画像情報判定部１０６は、例えばＦＣＭ識別器を用いて画像情報から異物が存在する否かを判定してもよい。ここで画像情報判定部１０６が、異物が存在すると判定した場合、ファジィ推論部１０７はその判定結果を最終的な判定結果とする。一方、画像情報判定部１０６が、異物は存在しないと判定した場合には、ファジィ推論部１０７は、偏光情報と複雑度情報を用いたファジィ推論で最終的な判定を行ってもよい。この場合、偏光情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ａ）のようなもの）と、複雑度情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ｂ）のようなもの）とを用いる。また、最終的な判定には例えば図５の（ｄ）のようなメンバシップ関数（ただし、ファジィ集合は、異物が存在する、と存在しない、の２つ）を用いる。

[0068] また、図６の例のように、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論で最終的な判定を行ってもよい。この他にも例えば、撮像画像から得られた複雑度情報と、画像情報とを用いたファジィ推論で異物が存在する否かを判定し、その後で、偏光情報を用いて最終的な判定を行ってもよい。

[0069] なお、偏光画像を撮像する際には、赤外光や紫外光等、可視光以外の波長の光を照射してもよい。通常の撮像画像を撮像する際も同様である。これに

より、特定の波長の光を照射したときに特徴的な画像が撮像できる撮像対象を高精度に検出することができる。

[0070] 〔学習〕

本実施形態における機械学習も実施形態１と同様にして行うことができる。学習用データは、判定事項に応じたものとすればよく、例えばファジィ推論部１０７が異物の存否を判定する場合、学習部１０８は、異物あり（製品と異物）の撮像画像と偏光画像、および異物なし（製品のみ）の撮像画像と偏光画像を用いて機械学習する。なお、混入し得る異物の外観等に多数のバリエーションがあり得る場合等には、異物あり（製品と異物）の撮像画像と偏光画像による機械学習が効率的に行えない可能性がある。このような場合には、異物なし（製品のみ）の撮像画像と偏光画像のみを用いて機械学習し、異物なしであるか、それ以外であるかを判定してもよい。このように正解と不正解の何れか一方の学習用データを用いて機械学習する半教師あり学習は、実施形態３以降においても適宜用いることができる。

[0071] 〔実施形態３〕

本発明のさらに他の実施形態について、以下に説明する。本実施形態の撮像対象はごみピット内に蓄積されているごみであり、本実施形態の判定事項はごみの攪拌状態がどの程度であるか、である。これについて図１０に基づいて説明する。図１０は、本発明の実施形態３における撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。

[0072] 図１０の例では、ごみを蓄積しているごみピットＰの上方にカメラ（撮像装置）Ｃが配置されている。カメラＣの撮像対象は、ごみピットＰに蓄積されているごみである。ごみ収集車Ｗが運搬してきたごみは、図示のようにごみピットＰ内に投入される。投入されたばかりのごみには、ごみ袋Ｂに入った状態のものが含まれており、このようなごみは多くの水分を含んでいて燃えにくい場合がある。このため、図示しないクレーンでごみを攪拌する作業（具体的には、ごみをクレーンで掴んで持ち上げて放す作業）を行い、ごみ袋Ｂを破る必要がある。

[0073] 情報処理装置 1 は、ごみピット P の稼働期間中、継続的に、ごみピット P 内に設定した各領域の攪拌度を判定する。また、図 10 と同様にして偏光カメラによって上記撮像対象を撮像して得た偏光画像も上記判定に用いられる。これにより、半透明あるいは透明なごみ袋を認識して、攪拌度を正確に判定することができる。よって、この判定結果を利用することにより、攪拌作業を効率化あるいは自動化することも可能になる。

[0074] 図 11 は、ごみピット P 内を撮像した撮像画像と偏光画像の例を示す図である。これらの画像において、左端側はゴミ収集車 W がゴミを投入する搬入ゲート側であり、右端側は焼却炉にごみを送り込むごみホッパー側である。図 11 の (a) に示す撮像画像からは、同図の中央よりも左側にはごみ袋が破れていないゴミが多く、中央よりも右側にはごみ袋が破れてバラバラになったゴミが多いことが見て取れる。これは、投入時には破れていなかったごみ袋がクレーンで持ち上げられて放されるという攪拌作業の繰り返しにより破れ、それによってごみ袋外に出たゴミがホッパー側に積み替えられたことによる。つまり、図 11 の (a) に示す撮像画像からは、搬入ゲート側の攪拌度は低く、ごみホッパー側の攪拌度は高いことが分かる。

[0075] また、ごみ袋が破れた領域では、ゴミがバラバラになっているため、ごみ袋が破れていない領域と比べて、ゴミの輪郭線が複雑になっている。つまり、攪拌度が高い領域は複雑度も高く、攪拌度が低い領域は複雑度も低くなっている。

[0076] そして、同図の (b) には、同図の (a) と同じ画角でごみピット P 内を撮像した偏光画像から求めた偏光方位を示している。同図の (a) と比較すれば、偏光方位の分布は、ごみ袋が破れていない領域の分布と相関していることが分かる。ごみ袋は透明または半透明であるため、通常の撮像画像を用いた場合、ごみ袋が破れているか否かは識別し難いが、偏光方位を用いることにより、ごみ袋が破れている領域と破れていない領域とを明確に識別できる。

[0077] このように、撮像画像、複雑度、および偏光方位の何れもが、ゴミの攪拌

状態を反映したものとなっているため、画像情報、複雑度情報、および偏光情報に基づいて算出した攪拌度は、ごみの攪拌状態を正確に反映させた信頼性の高い値となる。

[0078] 〔判定処理〕

本実施形態においても実施形態１と同様に、図３のような流れで画像の取得と各種情報の生成が行われ、生成した各種情報に基づいて判定処理が行われる。判定処理は、図６の例のように、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論で攪拌度を判定してもよい。この場合、画像情報判定部１０６は不要である。また、この場合、ファジィ推論部１０７は、（１）偏光情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ａ）のようなもの）と、（２）複雑度情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ｂ）のようなもの）と、（３）画像情報に対応するメンバシップ関数（例えば図７のようなもの）とを用いる。攪拌度は、ごみピットＰ内を複数の領域に区分し、各区分について算出すればよい。また、最終的な判定には例えば図５の（ｄ）のようなメンバシップ関数を用いる。ただし、このメンバシップ関数におけるファジィ集合は、攪拌度に関するものとする。例えば、攪拌度が低い（その領域のごみはホッパーに投入する前に更なる攪拌が必要）、攪拌度が高い（攪拌は十分であり、その領域のごみはホッパーに投入可能）の２つとしてもよい。

[0079] 〔学習〕

本実施形態における機械学習も実施形態１と同様にして行うことができる。例えば、学習部１０８は、ごみピットＰを撮像した撮像画像と偏光画像を用いて機械学習してもよい。学習における正解、すなわち正しい攪拌度は、ユーザが設定してもよい。

[0080] 〔実施形態４〕

本発明のさらに他の実施形態について、以下に説明する。本実施形態の撮像対象はヒトまたは動物の体細胞であり、本実施形態の判定事項は異常細胞の検出である。これについて図１２に基づいて説明する。図１２は、本発明

の実施形態4における撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。

[0081] 図12の例では、内視鏡Eにより、撮像対象である細胞を撮像している。細胞には、正常な細胞CEの他に、異常細胞CEXが含まれ得る。異常細胞CEXは例えばがん細胞である。がん細胞は、正常な細胞とは偏光特性が異なっていることが知られており、偏光情報を用いることにより、がん細胞を検出することが可能になる。具体的には、細胞に任意の偏光状態を有する光を照射して、その反射光を撮像する。このようにして撮像した偏光画像から、任意の偏光状態を有する光が細胞で反射する際の回転方向（左回りまたは右回り）を特定することができる。そして、この回転方向から、撮像した細胞にがん細胞が含まれているか否か（撮像した各細胞について、該細胞ががん細胞であるか否か）を判定することができる。なお、任意の偏光状態とは、例えば、直線偏光、円偏光、楕円偏光、無偏光などの偏光状態を指す。

[0082] よって、本実施形態では、偏光画像取得部102は上記のような偏光画像を取得し、偏光情報取得部105は上記偏光画像から、任意の偏光状態を有する光の回転方向を示す偏光情報を生成する。なお、生体内で撮像する場合、内視鏡と共に光ファイバ等の光源を生体内に導入する。また、細胞を生体からサンプリングできる場合、サンプリングした細胞を撮像してもよい。

[0083] また、情報処理装置1は、図12と同様にして内視鏡によって上記撮像対象を撮像して撮像画像を得る。この撮像画像も上記判定に用いられる。これにより、異常細胞CEXを高精度に検出することができる。また、初期のがん細胞等のように、従来は検出が困難であった異常細胞も検出することが可能になる。

[0084] [判定処理]

本実施形態においても実施形態1と同様に、図3のような流れで画像の取得と各種情報の生成が行われ、生成した各種情報に基づいて判定処理が行われる。判定処理は、図6の例のように、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論で異常細胞の有無を判定してもよい。この場合、画像情報判定部106は不要である。また、この場合、ファジィ推論部107は

、（１）偏光情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ａ）のようなもの）と、（２）複雑度情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ｂ）のようなもの）と、（３）画像情報に対応するメンバシップ関数（例えば図７のようなもの）とを用いる。また、最終的な判定には例えば図５の（ｄ）のようなメンバシップ関数（ファジィ集合は、例えば、異常細胞あり、異常細胞なしの２つ）を用いる。

[0085] 〔学習〕

本実施形態における機械学習も実施形態１と同様にして行うことができる。学習用データは、判定事項に応じたものとすればよく、例えばファジィ推論部１０７が異常細胞の有無を判定する場合、学習部１０８は、異常細胞ありの撮像対象を撮像した撮像画像と偏光画像、および異常細胞なしの撮像対象を撮像した撮像画像と偏光画像を用いて機械学習する。

[0086] 〔実施形態５〕

本発明のさらに他の実施形態について、以下に説明する。本実施形態の撮像対象は光を透過する検査対象物であり、本実施形態の判定事項は検査対象物の表面および内部の少なくとも何れかに欠陥があるか否かである。これについて図１３に基づいて説明する。図１３は、本発明の実施形態５における撮像対象とその撮像方法の一例を示す図である。

[0087] 図１３では、検査対象物がシリコンウエハＳである例を示している。この例では、光源ＬはシリコンウエハＳを透過する波長の光を発し、その光のうちシリコンウエハＳを透過した透過光を偏光カメラＰＣにより撮像している。照射する光の偏光情報が既知であれば、透過後の光の偏光情報がどのようなものとなるかは想定できる。そして、シリコンウエハＳを実際に撮像して得た偏光情報において、想定した偏光情報と異なる箇所があれば、その箇所に欠陥があると特定できる。例えば、図１３のシリコンウエハＳには、割れＣＲが発生している。割れＣＲの部分では、シリコンウエハＳにおける正常な部分とは光の透過や屈折の態様が異なるので、情報処理装置１は、偏光カメラＰＣで撮像した偏光画像から、割れＣＲの部分を検出することができる。

。

[0088] また、情報処理装置 1 は、シリコンウエハ S を撮像して撮像画像を得る。この撮像画像も上記検出に用いられる。シリコンウエハ S における欠陥が、外観上、認識し得るものであれば、撮像画像から検出可能である。また、シリコンウエハ S に生じた割れ C R や内部の空洞等のように、外観上は認識し難い欠陥であっても、偏光画像を用いることで検出可能である。よって、撮像画像と偏光画像とを併用することにより、高精度な欠陥検出が可能になる。

。

[0089] なお、検査対象物は、透光性を有するものであればよく、シリコンウエハ S に限られない。また、判定事項も欠陥の有無に限られない。例えば、欠陥の種類（割れ、欠け、空洞等）を判定することも可能である。さらに、回路が焼付けされている基板に欠陥が見つかった場合に、欠陥の程度（その欠陥部を除外して回路をリカバリーできるか否か、製品性能に影響のある欠陥であるか否か等）を判定することも可能である。また、例えば、パターンを形成したウエハ（加工済みのウエハ）の欠陥の有無を判定することも可能である。この場合、加工済みのウエハ（検査対象）を撮像して得られる情報と、設計したパターンに基づく情報との差分から欠陥の有無を判定することができる。また、欠陥がある場合にはその部位を判定することも可能である。

[0090] シリコンウエハの欠陥の検出方法に関する先行技術文献としては、例えば特許第5007979号が挙げられる。この文献には、検査対象物の内部に透過し得る波長の光を、応力を付与した検査対象物と応力を付与しない検査対象物それぞれに照射し、応力の有無による散乱光のp偏光とs偏光の差により欠陥を判定している。なお、ここでいう応力とは、例えば熱応力・超音波による応力などを指す。

[0091] しかし、上記文献の手法では、検査対象物への応力の有無を切り替える必要があり、検出に時間を要する。またこの手法では照射位置を変える必要があるため、広範囲かつ早い欠陥検出には不向きである。

[0092] これに対し、本実施形態の情報処理装置 1 によれば、上記文献の技術と比

べて、検査対象物のより広い範囲における欠陥を、より短い時間で検出することができる。

[0093] 〔判定処理〕

本実施形態においても実施形態１と同様に、図３のような流れで画像の取得と各種情報の生成が行われ、生成した各種情報に基づいて判定処理が行われる。判定処理は、図６の例のように、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論で攪拌度を判定してもよい。この場合、画像情報判定部１０６は不要である。また、この場合、ファジィ推論部１０７は、（１）偏光情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ａ）のようなもの）と、（２）複雑度情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ｂ）のようなもの）と、（３）画像情報に対応するメンバシップ関数（例えば図７のようなもの）とを用いる。また、最終的な判定には例えば図５の（ｄ）のようなメンバシップ関数（ファジィ集合は、例えば、欠陥ありと欠陥なしの２つ）を用いる。

[0094] 〔学習〕

本実施形態における機械学習も実施形態１と同様にして行うことができる。学習用データは、判定事項に応じたものとすればよく、例えばファジィ推論部１０７が欠陥の有無を判定する場合、学習部１０８は、欠陥ありの撮像対象を撮像した撮像画像と偏光画像、および欠陥なしの撮像対象を撮像した撮像画像と偏光画像を用いて機械学習する。

[0095] 〔実施形態６〕

本発明のさらに他の実施形態について、以下に説明する。本実施形態の撮像対象は線路であり、本実施形態の判定事項は線路上における障害物の有無である。これについて図１４および図１５に基づいて説明する。図１４は、本発明の実施形態６における撮像対象とその撮像方法の一例、並びに該実施形態における制御部の構成例を示す図である。図１５は、図１４の（ａ）のカメラＣにより撮像された画像の例を示す図である。

[0096] 図１４の（ａ）の例では、列車Ｔの先頭に設置されたカメラ（撮像装置）

Cにより、列車Tの進行方向前方の線路R、すなわち列車Tがこれから通行する線路Rを撮像している。撮像された画像は、例えば図15の(a)のようなものとなる。この例では、敷石、枕木、および2本の線路Rが写っている。また、図14の(a)の例と同様にして偏光画像を撮像する。なお、カメラCは、列車Tの進行方向前方の線路Rの画像を撮像可能な位置に設置すればよく、例えば列車Tの車内等に設置してもよい。

[0097] ここで、線路の上面（車輪と接する部分）は平坦であり、また材質も変化しないため、偏光画像において、線路の上面部分では、偏光情報が一様であり、偏光情報に変化があったとしても緩やかである。図14の(b)に示すように、本実施形態の情報処理装置1の制御部10には、この特徴を利用して線路領域（平面状の領域）を検出する線路検出部（領域検出部）201が含まれている。例えば、線路検出部201は、偏光画像において、偏光方位が所定範囲内にあり、かつ偏光度が所定値以上の画素からなる連続領域を線路領域として検出してもよい。図15の(b)では、検出された線路領域をグレーで示している。また、線路検出部201は、偏光画像における線路領域の検出結果を利用して、撮像画像における線路領域も検出する。

[0098] そして、ファジィ推論部107は、この線路領域に障害物があるか否かを判定する。このように障害物の有無を判定する領域を線路上に絞り込むことにより、高速で正確な判定を行うことが可能になる。例えば、走行中に列車Tから撮像された画像に基づいて障害物の有無を判定し、障害物があると判定されたときに、列車Tを緊急停止させたり、運転手に障害物の存在を通知したりすることも可能になる。

[0099] [判定処理]

本実施形態においても実施形態1と同様に、図3のような流れで画像の取得と各種情報の生成が行われ、生成した各種情報に基づいて判定処理が行われる。ただし、判定処理の前に、線路検出部201が、撮像画像および偏光画像において線路が写っている領域を検出する。判定処理は、図6の例のように、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論により、線

路領域における障害物の有無を判定してもよい。この場合、画像情報判定部 106 は不要である。また、この場合、ファジィ推論部 107 は、(1) 偏光情報に対応するメンバシップ関数（例えば図 5 の (a) のようなもの）と、(2) 複雑度情報に対応するメンバシップ関数（例えば図 5 の (b) のようなもの）と、(3) 画像情報に対応するメンバシップ関数（例えば図 7 のようなもの）とを用いる。また、最終的な判定には例えば図 5 の (d) のようなメンバシップ関数（ただし、ファジィ集合は障害物ありとなしの 2 つ）を用いる。

[0100] 〔学習〕

本実施形態における機械学習も実施形態 1 と同様に行うことができる。学習用データは、判定事項に応じたものとすればよいので、学習部 108 は、例えば障害物ありの撮像画像と偏光画像（何れも線路と線路上の障害物が写ったもの）、および障害物なしの撮像画像と偏光画像（何れも線路が写っており、線路上に障害物がないもの）を用いて機械学習する。

[0101] 〔実施形態 7〕

本発明のさらに他の実施形態について、以下に説明する。本実施形態の撮像対象は道路の路面であり、本実施形態の判定事項は路面における異常の有無である。これについて図 16 および図 17 に基づいて説明する。図 16 は、本発明の実施形態 7 における撮像対象とその撮像方法の一例、並びに該実施形態における制御部の構成例を示す図である。図 17 は、路面を撮像した偏光画像において、偏光情報が特徴的な領域をマーキングした例を示す図である。

[0102] 図 16 の (a) の例では、車両 V に設置されたカメラ（撮像装置）C により、車両 V の進行方向前方の路面、すなわち車両 V がこれから通行する路面を撮像している。また、図 16 の (a) の例と同様にして偏光画像を撮像する。なお、カメラ C は、車両 V の進行方向前方の路面の画像を撮像可能な位置に設置すればよく、例えば車両 V の車内等に設置してもよい。

[0103] 平坦な路面を撮像した偏光画像では、線路の上面と同様に、偏光情報の変

化が緩やかである。図16の(b)に示すように、本実施形態の情報処理装置1の制御部10には、この特徴を利用して路面領域(平面状の領域)を検出する路面検出部(領域検出部)202が含まれている。本実施形態の路面検出部202は、上述の線路検出部201と同様に、偏光画像において、偏光方位が所定範囲内にあり、かつ偏光度が所定値以上の画素からなる連続領域を路面領域として検出してもよい。図17の(a)では、検出された路面領域Rをマーキングして示している。

[0104] 異常の有無を判定する領域を、このようにして検出した路面領域に絞り込むことにより、高速で正確な判定を行うことが可能になる。例えば、走行中に車両Vから撮像された画像に基づいて異常の有無を判定し、異常があると判定されたときに、車両Vを緊急停止させたり、異常があることを運転手に通知したりすることも可能になる。

[0105] また、亀裂や陥没などの異常が生じている路面を撮像した偏光画像では、当該異常が生じている箇所の偏光情報が、その周囲の異常のない路面における偏光情報から大きく変化する。図17の(b)では、路面領域Rのうち、偏光情報の変化が閾値以上の領域を亀裂領域CRとしてマーキングして示している。このように、偏光画像では、路面における異常領域と異常のない領域とが明瞭に識別できるので、偏光画像から生成した偏光情報を用いることにより、路面の異常を検出することができる。

[0106] そして、亀裂や陥没などの異常が生じている路面は、異常のない路面と外観が異なっており、形状が複雑となっているから、路面を撮像した撮像画像から生成した、画像情報および複雑度情報を用いても路面の異常を検出することができる。また、偏光情報は、路面における光の当たり方等の外乱の影響を受け難い、ガラスや氷等の透明体も検出しやすい等の特徴がある。よって、偏光情報と画像情報と複雑度情報とを併用して路面の異常の有無を判定することにより、路面の異常の有無を高精度に判定することができる。なお、どのような異常を検出対象とするかは任意であり、亀裂や陥没以外の異常、例えば凍結、落下物の有無等を検出対象としてもよい。

[0107] また、走行中の車両から撮像した偏光画像からは、塗装等で覆われて外観からは認識困難な亀裂も検出可能である。これは、車両が走行することによって路面は圧力を受けて振動するが、亀裂の有無によって振動の態様が異なり、このため、亀裂のある路面で反射した光の偏光情報と、亀裂のない路面で反射した光の偏光情報との間にも差が出るためである。よって、情報処理装置 1 は、車両の走行などによって振動している路面の同じ箇所を連続して撮像した複数の偏光画像を用いることにより、塗装を剥すことなく、塗装下の亀裂の有無を高精度に判定することができる。なお、このような複数の偏光画像は、偏光状態の計時変化が把握できる程度に撮像タイミングが異なったものであればよい。複数の上記偏光画像は、例えば、高速で連続撮像が可能な偏光カメラで走行中の車両から路面を連続撮像したものであってもよいし、走行中の車両から偏光カメラで撮像した動画画像から複数のフレームを時系列で抽出したものであってもよい。

[0108] 具体的には、偏光情報取得部 105 は、複数の偏光画像のそれぞれから、路面検出部 202 が検出した路面領域の面方向（法線ベクトル）を求める。複数の偏光画像のそれぞれから求められた法線ベクトルは、路面領域における偏光状態の計時変化を示す偏光情報と言える。亀裂のない路面では振動による偏光状態の変化が一様になる一方、亀裂がある場合には振動によって亀裂周辺で偏光状態の変化が一様でない挙動を示す。このため、法線ベクトルの変化が一様であるか否かにより、亀裂の有無を判定することができる。

[0109] よって、ファジィ推論部 107 は、上記偏光情報と、画像情報および複雑度情報の少なくとも何れかと、に基づいて路面領域に異常があるか否かを判定することができる。なお、ファジィ推論部 107 には、路面領域における偏光状態の計時変化を示す偏光情報を入力してもよいし、当該偏光情報を用いた亀裂の有無の判定結果を入力してもよい。ファジィ推論部 107 は、入力に応じたファジィルールとメンバシップ関数が規定されていれば、多様な入力に対応できる。

[0110] [判定処理]

本実施形態においても実施形態１と同様に、図３のような流れで画像の取得と各種情報の生成が行われ、生成した各種情報に基づいて判定処理が行われる。ただし、判定処理の前に、路面検出部２０２が、撮像画像および偏光画像において路面が写っている領域を検出する。判定処理は、図６の例のように、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論により、路面領域における異常の有無を判定してもよい。この場合、画像情報判定部１０６は不要である。また、この場合、ファジィ推論部１０７は、（１）偏光情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ａ）のようなもの）と、（２）複雑度情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ｂ）のようなもの）と、（３）画像情報に対応するメンバシップ関数（例えば図７のようなもの）とを用いる。また、最終的な判定には例えば図５の（ｄ）のようなメンバシップ関数（ただし、ファジィ集合は異常ありとなしの２つ）を用いる。

[0111] 〔学習〕

本実施形態における機械学習も実施形態１と同様にして行うことができる。学習用データは、判定事項に応じたものとすればよい。例えば、学習部１０８は、異常ありの路面を撮像した撮像画像と偏光画像、および異常なしの路面を撮像した撮像画像と偏光画像を用いて機械学習する。

[0112] 〔実施形態８〕

本発明のさらに他の実施形態について、以下に説明する。本実施形態の撮像対象は橋梁であり、本実施形態の判定事項は橋梁における異常の有無である。これについて図１８に基づいて説明する。図１８は、本発明の実施形態８における撮像対象とその撮像方法の一例、並びに該実施形態における制御部の構成例を示す図である。

[0113] 図１８の（ａ）の例では、カメラ（撮像装置）Ｃにより、橋梁ＢＲを撮像している。また、図１８の（ａ）の例と同様にして偏光画像を撮像する。

[0114] 橋梁ＢＲにおける平坦な面を撮像した偏光画像では、線路の上面と同様に、偏光情報の変化が緩やかである。図１８の（ｂ）に示すように、本実施形

態の情報処理装置 1 の制御部 10 には、この特徴を利用して橋梁領域（平面状の領域）を検出する橋梁検出部（領域検出部）203 が含まれている。橋梁検出部 203 は、上述の線路検出部 201 と同様に、偏光画像において、偏光方位が所定範囲内にあり、かつ偏光度が所定値以上の画素からなる連続領域を橋梁領域として検出してもよい。異常の有無を判定する領域を、このようにして検出した橋梁領域に絞り込むことにより、高速で正確な判定を行うことが可能になる。

[0115] また、亀裂や陥没などの異常が生じている橋梁を撮像した偏光画像では、当該異常が生じている箇所の偏光情報が、その周囲の異常のない箇所における偏光情報から大きく変化するので、異常領域と異常のない領域とが明瞭に識別できる。よって、偏光画像から生成した偏光情報を用いることにより、橋梁の異常を検出することができる。なお、どのような異常を検出対象とするかは任意であり、亀裂や陥没以外の異常を検出対象としてもよい。

[0116] そして、亀裂や陥没などの異常が生じている箇所は、異常のない箇所と外観が異なっており、形状が複雑となっているから、橋梁を撮像した撮像画像から生成した、画像情報および複雑度情報を用いても橋梁の異常を検出することができる。また、偏光情報は、路面における光の当たり方等の外乱の影響を受け難い、ガラスや氷等の透明体も検出しやすい等の特徴がある。よって、偏光情報と画像情報と複雑度情報とを併用して橋梁の異常の有無を判定することにより、橋梁の異常の有無を高精度に判定することができる。

[0117] また、上述のように、振動している撮像対象を連続して撮像した複数の偏光画像を用いることにより、塗装等で覆われて外観からは認識困難な亀裂の検出が可能である。よって、本実施形態の情報処理装置 1 は、このような偏光画像を用いることにより、橋梁の塗装を剥すことなく、塗装下の亀裂の有無を高精度に判定することができる。

[0118] また、橋梁以外の任意の建造物についても同様の異常の有無を判定可能である。建造物の異常の有無を判定する場合、検査したい部位（撮像対象）およびその周囲の少なくとも何れかに外力を加える等して当該部位を振動させ

、振動している当該部位を撮像して得た偏光画像を用いればよい。

[0119] この他にも、同様の手法にて、例えば加工後の鋼材等の金属成形品における欠陥検査を行うことも可能である。振動している金属成形品においては、亀裂や傷のない部分では振動による偏光状態の変化が一様になる一方、亀裂や傷がある部分では振動によって偏光状態の変化が一様でない挙動を示すためである。また、この手法は、コンクリートや石材等の構造材料の欠陥検査等にも適用できる。

[0120] 〔判定処理〕

本実施形態においても実施形態１と同様に、図３のような流れで画像の取得と各種情報の生成が行われ、生成した各種情報に基づいて判定処理が行われる。ただし、判定処理の前に、橋梁検出部２０３が、撮像画像および偏光画像において橋梁が写っている領域を検出する。判定処理は、図６の例のように、画像情報と偏光情報と複雑度情報とを用いたファジィ推論により、橋梁領域における異常の有無を判定してもよい。この場合、画像情報判定部１０６は不要である。また、この場合、ファジィ推論部１０７は、（１）偏光情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ａ）のようなもの）と、（２）複雑度情報に対応するメンバシップ関数（例えば図５の（ｂ）のようなもの）と、（３）画像情報に対応するメンバシップ関数（例えば図７のようなもの）とを用いる。また、最終的な判定には例えば図５の（ｄ）のようなメンバシップ関数（ただし、ファジィ集合は異常ありとなしの２つ）を用いる。

[0121] 〔学習〕

本実施形態における機械学習も実施形態１と同様にして行うことができる。学習用データは、判定事項に応じたものとすればよいので、学習部１０８は、例えば異常ありの橋梁を撮像した撮像画像と偏光画像、および異常なしの橋梁を撮像した撮像画像と偏光画像を用いて機械学習する。

[0122] 〔変形例〕

上記各実施形態では、偏光画像と撮像画像との解析結果である偏光情報、

画像情報、および複雑度情報を用いて所定の判定事項を判定する例を説明したが、偏光情報、画像情報、および複雑度情報に応じた所定の処理を行う構成としてもよい。この場合、ファジィ推論には、後件部に判定結果ではなく処理内容が規定されたファジィルールを用いればよい。

[0123] 例えば、実施形態１では、小魚に混ざっている異物が何かを判定する代わりに、小魚に混ざっている異物に応じた所定の処理（例えば異物の名称をユーザに通知して除去を促す等）を行ってもよい。また、例えば、実施形態２では、搬送ラインに異物が存在するか否かを判定する代わりに、異物が存在する場合にベルトコンベアを停止させる等の処理を行ってもよい。実施形態３以降も同様である。

[0124] また、上記各実施形態では、ファジィ推論により、偏光情報、画像情報、および複雑度情報の少なくとも２つを用いて所定の判定事項を判定する例を説明した。そして、これらの所定の判定においては、上記各情報の少なくとも何れかに基づく第１の判定結果と、上記各情報の少なくとも何れかに基づく第２の判定結果とをファジィ推論で統合して最終的な判定結果を出力している。しかし、上記統合にはファジィ推論以外の手法を適用することもできる。例えば、第１の判定結果と第２の判定結果を重み付けして統合し、最終的な判定結果を出力してもよい。この他にも、例えばベイズ推定により最終的な判定結果を出力することも可能である。

[0125] [ソフトウェアによる実現例]

情報処理装置１の制御ブロック（特に制御部１０に含まれる各部）は、集積回路（ＩＣチップ）等に形成された論理回路（ハードウェア）によって実現してもよいし、ソフトウェアによって実現してもよい。

[0126] 後者の場合、情報処理装置１は、各機能を実現するソフトウェアであるプログラムの命令を実行するコンピュータを備えている。このコンピュータは、例えば１つ以上のプロセッサを備えていると共に、上記プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を備えている。そして、上記コンピュータにおいて、上記プロセッサが上記プログラムを上記記録媒体から読

み取って実行することにより、本発明の目的が達成される。上記プロセッサとしては、例えばCPU（Central Processing Unit）を用いることができる。上記記録媒体としては、「一時的でない有形の媒体」、例えば、ROM（Read Only Memory）等の他、テープ、ディスク、カード、半導体メモリ、プログラマブルな論理回路などを用いることができる。また、上記プログラムを展開するRAM（Random Access Memory）などをさらに備えていてもよい。また、上記プログラムは、該プログラムを伝送可能な任意の伝送媒体（通信ネットワークや放送波等）を介して上記コンピュータに供給されてもよい。なお、本発明の一態様は、上記プログラムが電子的な伝送によって具現化された、搬送波に埋め込まれたデータ信号の形態でも実現され得る。

[0127] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

[0128] [付記事項]

本発明の一態様に係る情報処理装置は、撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状の複雑さの度合いを示す複雑度情報を取得する複雑度情報取得部と、上記撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状および色の少なくとも何れかを示す画像情報を取得する画像情報取得部と、上記撮像対象を撮像した偏光画像から偏光情報を取得する偏光情報取得部と、上記複雑度情報と、上記画像情報と、上記偏光情報とに基づいて上記撮像対象に関する所定の判定事項を判定する判定部と、を備えている。

[0129] 上記の構成によれば、撮像対象の形状の複雑さの度合いを加味して判定を行うため、撮像対象の形状のみに基づく判定と比べて、判定精度を高めることが可能になる。また、上記の構成によれば、偏光情報を加味して判定を行うため、撮像対象の形状のみからは判定困難な判定事項についても適正な判定を行うことが可能になる。

[0130] また、上記判定部は、上記画像情報、上記複雑度情報、および上記偏光情

報のうち少なくとも2つの組み合わせと、上記所定の判定事項の正しい判定結果および誤った判定結果の少なくとも何れかとの相関関係を機械学習した結果に基づいて、上記所定の判定事項を判定してもよい。

[0131] 上記の構成によれば、機械学習した結果に基づいて判定を行うので、高精度の判定が可能になる。また、上記情報処理装置を繰り返し使用することにより、判定精度をさらに高めることも可能になる。

[0132] また、上記判定部は、上記画像情報、上記複雑度情報、および上記偏光情報のうち少なくとも2つを前件部に含み、上記所定の判定事項の判定結果が後件部であるファジィルールを用いたファジィ推論により、上記所定の判定事項を判定してもよい。

[0133] 上記の構成によれば、ファジィ推論を用いて判定を行うので、画像情報、複雑度情報、および偏光情報という性質の異なる情報の双方を適切に加味した判定結果を出力することができる。また、ファジィ推論を用いた判定では、判定結果は規定済みのファジィ集合の範疇に収まるから、安定した判定結果が期待できる。さらに、相関関係が言語で表されたファジィ推論のルールを用いるので、意図が明確に理解できるという利点もある。

[0134] また、上記判定部は、上記画像情報に基づいて上記所定の判定事項を判定する第1判定部と、上記複雑度情報および上記偏光情報と、上記第1判定部の判定結果とに基づいて上記所定の判定事項を判定する第2判定部と、を含むか、または、上記偏光情報に基づいて上記所定の判定事項を判定する第3判定部と、上記画像情報および上記複雑度情報と、上記第3判定部の判定結果とに基づいて上記所定の判定事項を判定する第4判定部と、を含む、構成であってもよい。

[0135] 上記の構成によれば、画像情報に基づいた判定を行った上で、その判定結果と、複雑度情報および偏光情報とに基づいて再度判定を行うか、または、偏光情報に基づいた判定を行った上で、その判定結果と、複雑度情報および画像情報とに基づいて再度判定を行う。よって、画像情報に基づいた判定よりもさらに判定の精度を高めることができる。

- [0136] また、上記判定部は、上記撮像対象と共に異物が存在するか否かを判定してもよい。この構成は、例えば食品などの製品検査に好適に適用できる。
- [0137] また、上記撮像対象は、ごみピット内に蓄積されたごみであってもよく、上記判定部は、上記ごみの攪拌度を判定してもよい。この構成によれば、ごみの攪拌度を高精度に判定することができる。この判定結果は、例えばごみピットにおいてごみを攪拌するクレーンの自動運転等に利用することもできる。
- [0138] また、上記撮像対象は、生体の細胞であってもよく、上記偏光情報取得部は、任意の偏光状態を有する光が上記細胞で反射する際の回転方向を示す偏光情報を取得し、上記判定部は、上記細胞が異常細胞であるか否かを判定してもよい。この構成によれば、例えばがん細胞のような異常細胞を高精度に検出することができる。
- [0139] また、上記撮像対象の少なくとも一部は、透光性を有していてもよく、上記偏光情報取得部は、上記撮像対象を透過した透過光の偏光情報を取得し、上記判定部は、上記撮像対象の表面および内部の少なくとも何れかに欠陥があるか否かを判定してもよい。この構成によれば、撮像対象の内部に欠陥がある場合であっても、それを検出することができる。
- [0140] また、上記偏光情報取得部は、撮像タイミングが異なる複数の上記偏光画像から、上記撮像対象の偏光状態の計時変化を示す上記偏光情報を取得し、上記判定部は、上記偏光情報と、上記画像情報および上記複雑度情報の少なくとも何れかと、に基づき、上記撮像対象に異常があるか否かを判定してもよい。
- [0141] 上記の構成によれば、塗装等で覆われて外観からは認識困難な異常（例えば亀裂等）の有無を判定することができる。また、上記情報処理装置は、上記偏光情報を用いて、上記偏光画像および上記撮像対象を撮像した画像において、平面状の領域を検出する領域検出部を備えていてもよい。そして、この場合、上記判定部は、上記領域検出部が検出した領域について異常があるか否かを判定してもよい。これにより、撮像対象に異常があるか否かを判定

する対象とする領域を、領域検出部が検出した領域に絞り込むことができるので、異常の有無を速やかに判定することが可能になる。

[0142] 情報処理装置による情報処理方法であって、撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状の複雑さの度合いを示す複雑度情報を取得する複雑度情報取得ステップと、上記撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状および色の少なくとも何れかを示す画像情報を取得する画像情報取得ステップと、上記撮像対象を撮像した偏光画像から偏光情報を取得する偏光情報取得ステップと、上記複雑度情報と、上記画像情報と、上記偏光情報とを用いて上記撮像対象に関する所定の判定事項を判定する判定ステップとを含む情報処理方法であれば、上記情報処理装置と同様の作用効果を奏する。

[0143] 本発明の上記各態様に係る情報処理装置は、コンピュータによって実現してもよく、この場合には、コンピュータを上記情報処理装置が備える各部（ソフトウェア要素）として動作させることにより上記情報処理装置をコンピュータにて実現させる情報処理プログラム、およびそれを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体も、本発明の範疇に入る。

符号の説明

- [0144]
- 1 情報処理装置
 - 103 画像情報取得部
 - 104 複雑度情報取得部
 - 105 偏光情報取得部
 - 106 画像情報判定部（判定部／第1判定部）
 - 107 ファジィ推論部（判定部／第2判定部、第4判定部）
 - 111 ファジィルール

請求の範囲

- [請求項1] 撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状の複雑さの度合いを示す複雑度情報を取得する複雑度情報取得部と、
- 上記撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状および色の少なくとも何れかを示す画像情報を取得する画像情報取得部と、
- 上記撮像対象を撮像した偏光画像から偏光情報を取得する偏光情報取得部と、
- 上記複雑度情報と、上記画像情報と、上記偏光情報とに基づいて上記撮像対象に関する所定の判定事項を判定する判定部と、を備えていることを特徴とする情報処理装置。
- [請求項2] 上記判定部は、上記画像情報、上記複雑度情報、および上記偏光情報のうち少なくとも2つの組み合わせと、上記所定の判定事項の正しい判定結果および誤った判定結果の少なくとも何れかとの相関関係を機械学習した結果に基づいて、上記所定の判定事項を判定することを特徴とする請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 上記判定部は、上記画像情報、上記複雑度情報、および上記偏光情報のうち少なくとも2つを前件部に含み、上記所定の判定事項の判定結果が後件部であるファジィルールを用いたファジィ推論により、上記所定の判定事項を判定することを特徴とする請求項1または2に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 上記判定部は、
- 上記画像情報に基づいて上記所定の判定事項を判定する第1判定部と、
- 上記複雑度情報および上記偏光情報と、上記第1判定部の判定結果とに基づいて上記所定の判定事項を判定する第2判定部と、を含むか、または、
- 上記偏光情報に基づいて上記所定の判定事項を判定する第3判定部と、

上記画像情報および上記複雑度情報と、上記第3判定部の判定結果とに基づいて上記所定の判定事項を判定する第4判定部と、を含む、
ことを特徴とする請求項1から3の何れか1項に記載の情報処理装置。

[請求項5] 上記撮像対象は、ごみピット内に蓄積されたごみであり、
上記判定部は、上記ごみの攪拌度を判定する、ことを特徴とする請求項1から4の何れか1項に記載の情報処理装置。

[請求項6] 上記撮像対象は、生体の細胞であり、
上記偏光情報取得部は、任意の偏光状態を有する光が上記細胞で反射する際の回転方向を示す偏光情報を取得し、
上記判定部は、上記細胞が異常細胞であるか否かを判定する、ことを特徴とする請求項1から4の何れか1項に記載の情報処理装置。

[請求項7] 上記撮像対象の少なくとも一部は、透光性を有し、
上記偏光情報取得部は、上記撮像対象を透過した透過光の偏光情報を取得し、
上記判定部は、上記撮像対象の表面および内部の少なくとも何れかに欠陥があるか否かを判定する、ことを特徴とする請求項1から4の何れか1項に記載の情報処理装置。

[請求項8] 上記偏光情報取得部は、撮像タイミングが異なる複数の上記偏光画像から、上記撮像対象の偏光状態の計時変化を示す上記偏光情報を取得し、
上記判定部は、上記偏光情報と、上記画像情報および上記複雑度情報の少なくとも何れかと、に基づき、上記撮像対象に異常があるか否かを判定する、ことを特徴とする請求項1から4の何れか1項に記載の情報処理装置。

[請求項9] 情報処理装置による情報処理方法であって、
撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状の複雑さの度合

いを示す複雑度情報を取得する複雑度情報取得ステップと、

上記撮像対象を撮像した画像から、上記撮像対象の形状および色の少なくとも何れかを示す画像情報を取得する画像情報取得ステップと

、

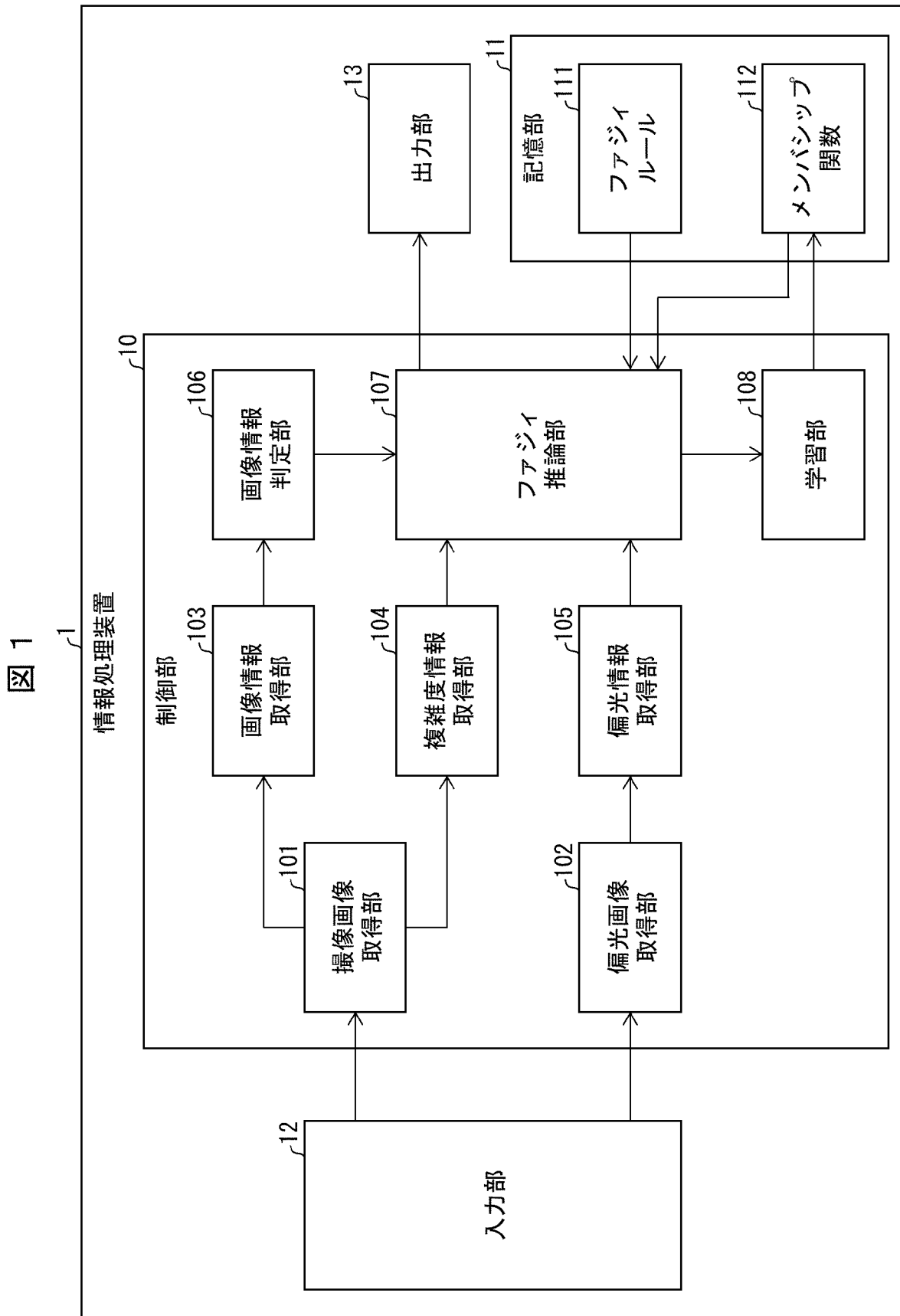
上記撮像対象を撮像した偏光画像から偏光情報を取得する偏光情報取得ステップと、

上記複雑度情報と、上記画像情報と、上記偏光情報とを用いて上記撮像対象に関する所定の判定事項を判定する判定ステップとを含む、ことを特徴とする情報処理方法。

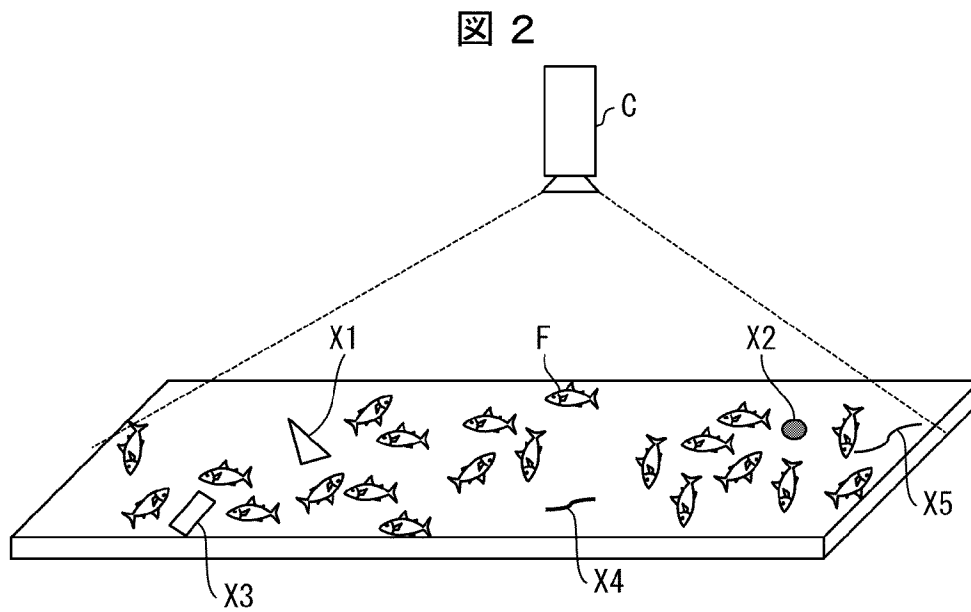
[請求項10]

請求項1に記載の情報処理装置としてコンピュータを機能させるための情報処理プログラムであって、上記複雑度情報取得部、上記画像情報取得部、上記偏光情報取得部、および上記判定部としてコンピュータを機能させるための情報処理プログラム。

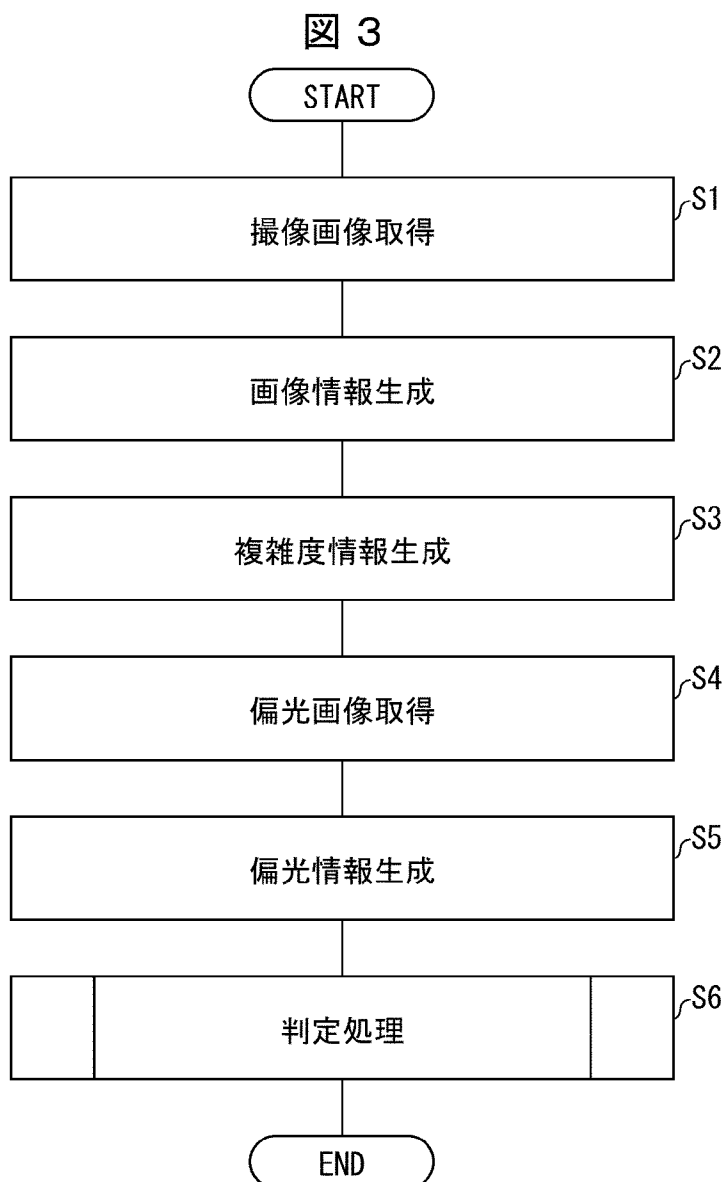
[図1]



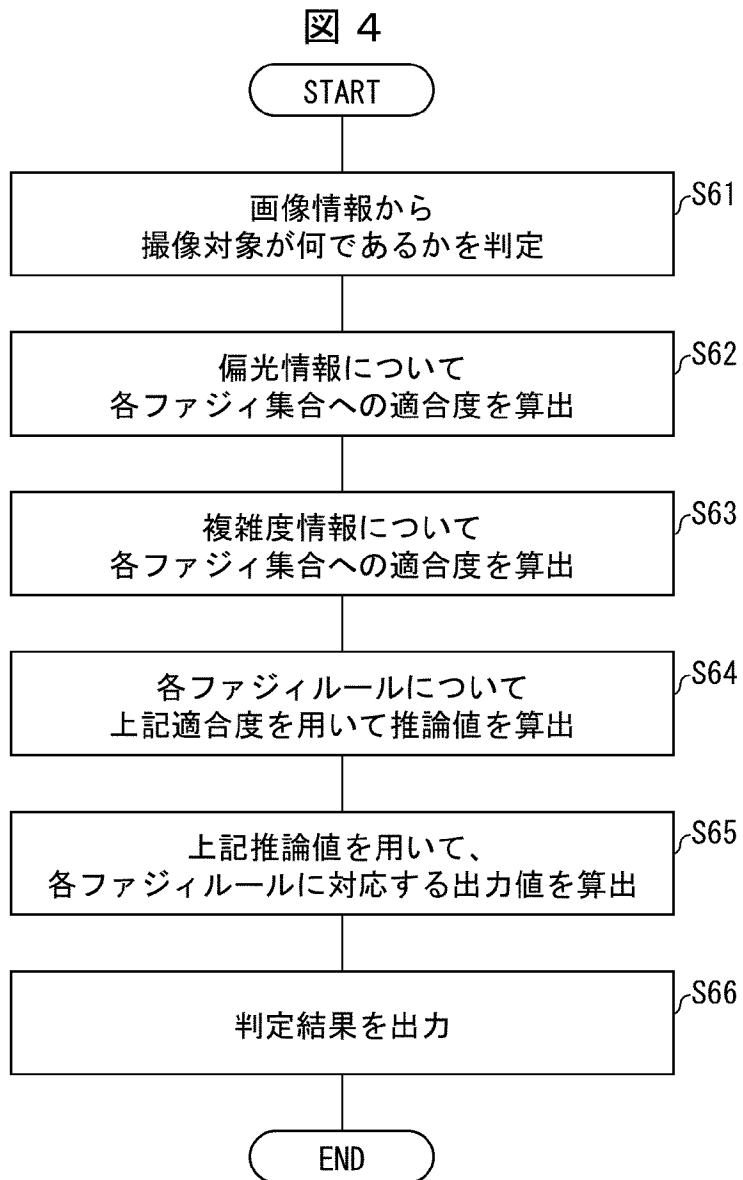
[図2]



[図3]

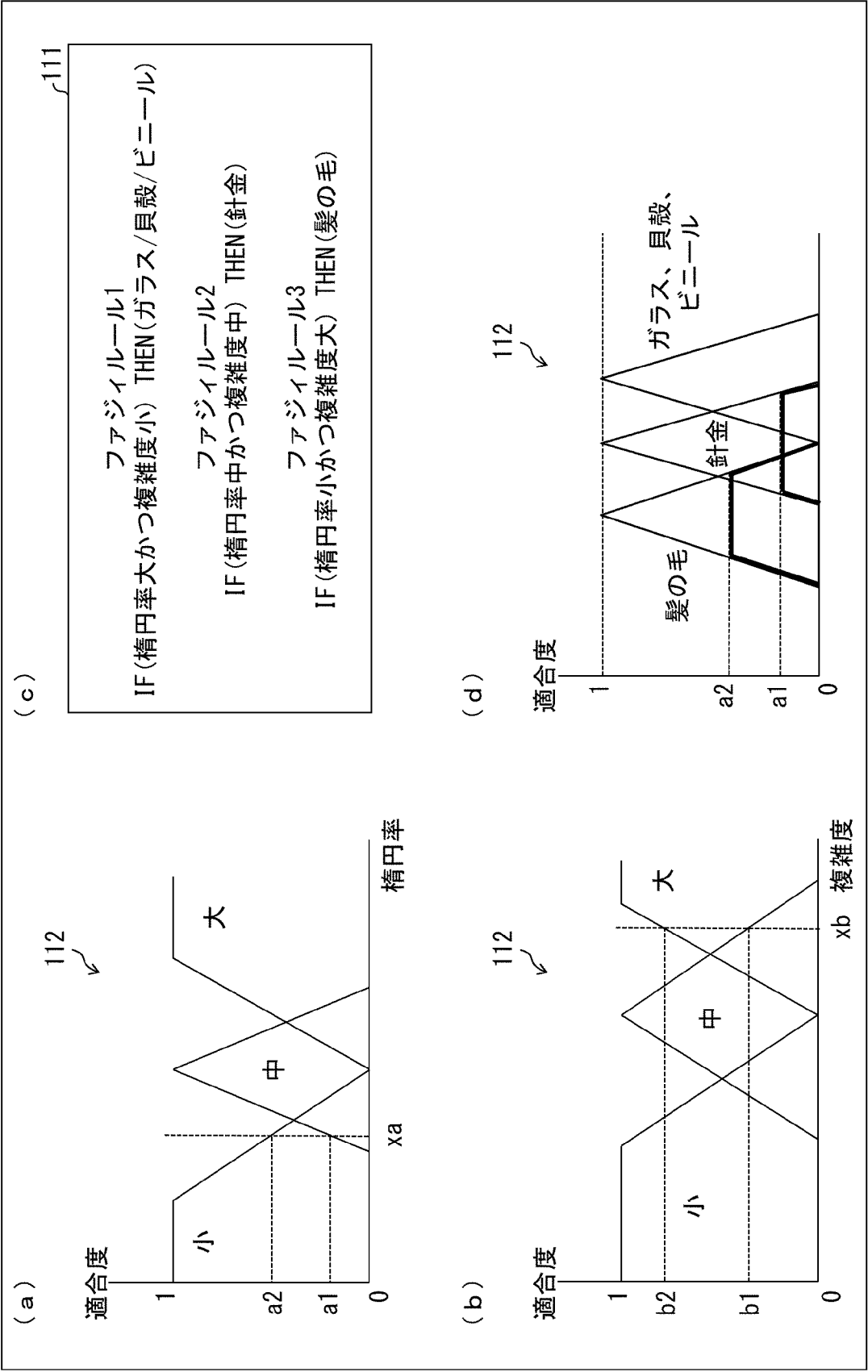


[図4]

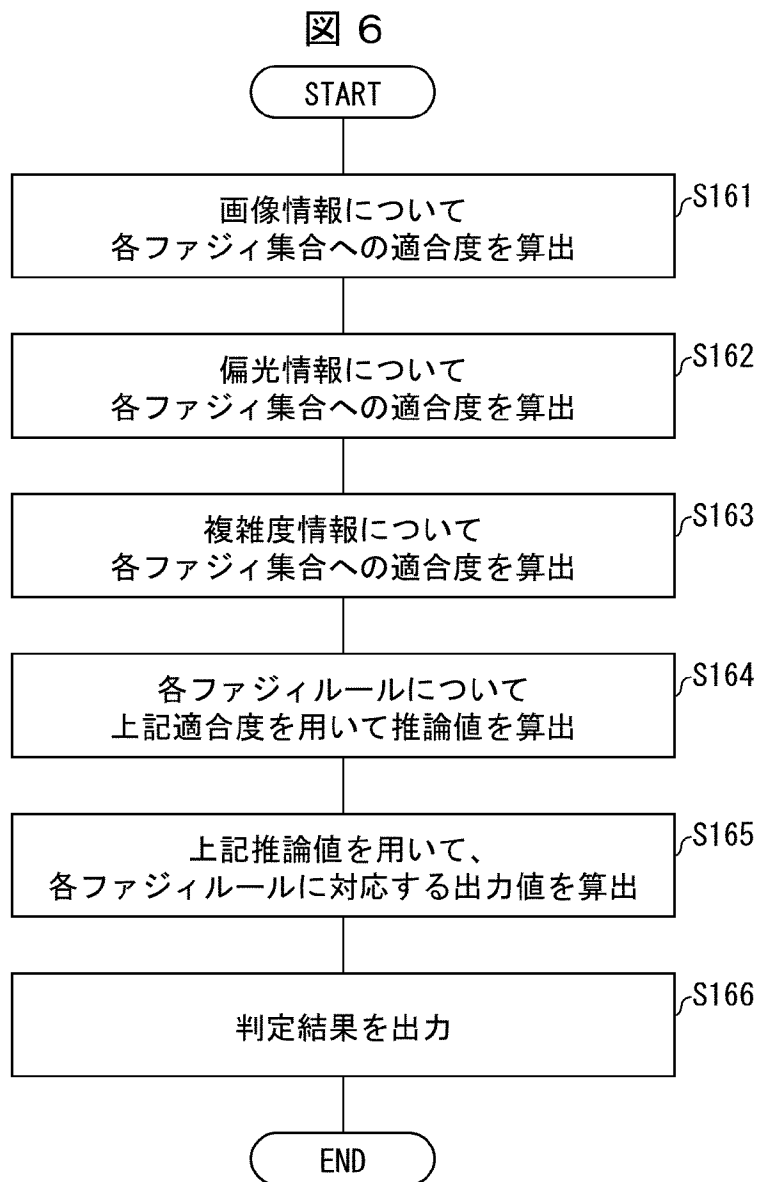


[図5]

図 5

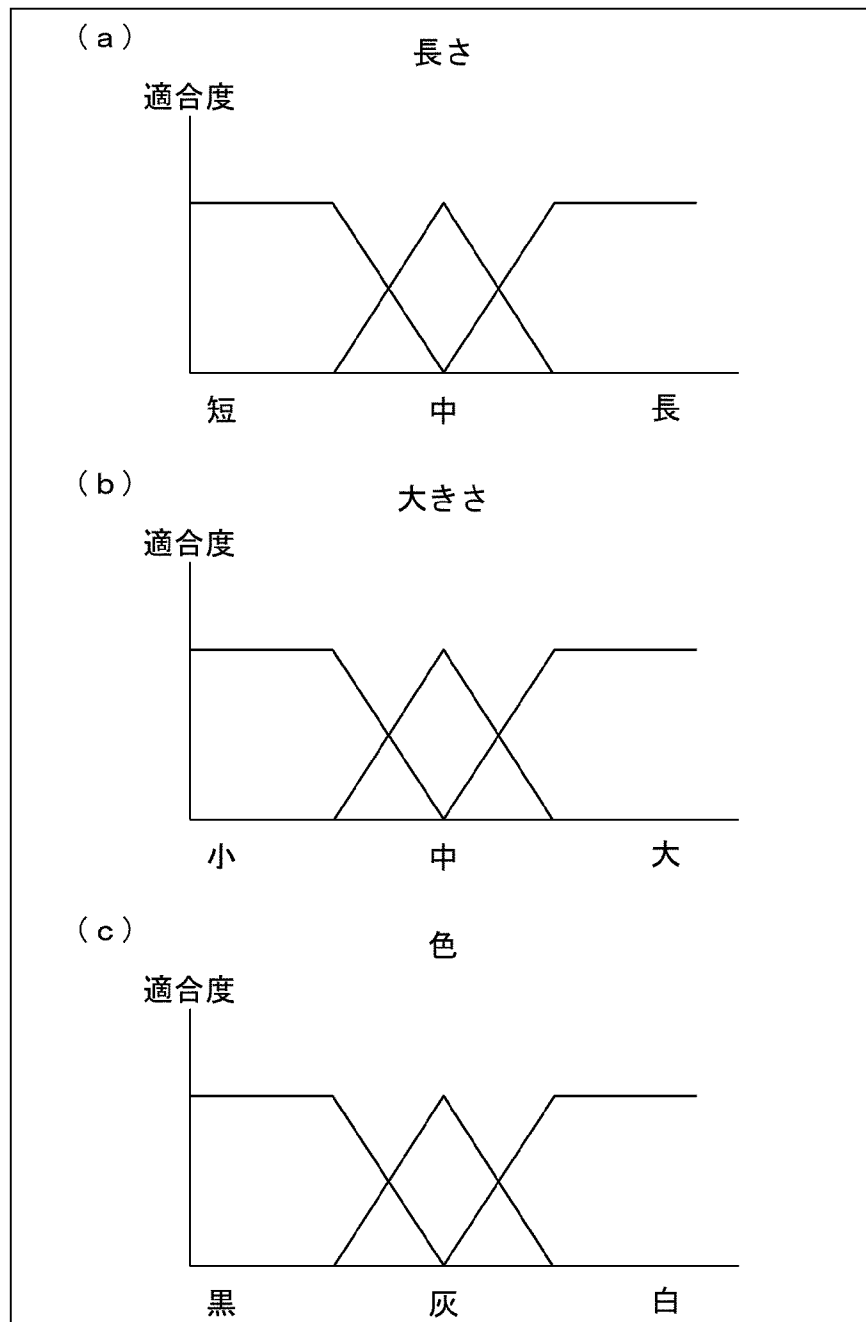


[図6]



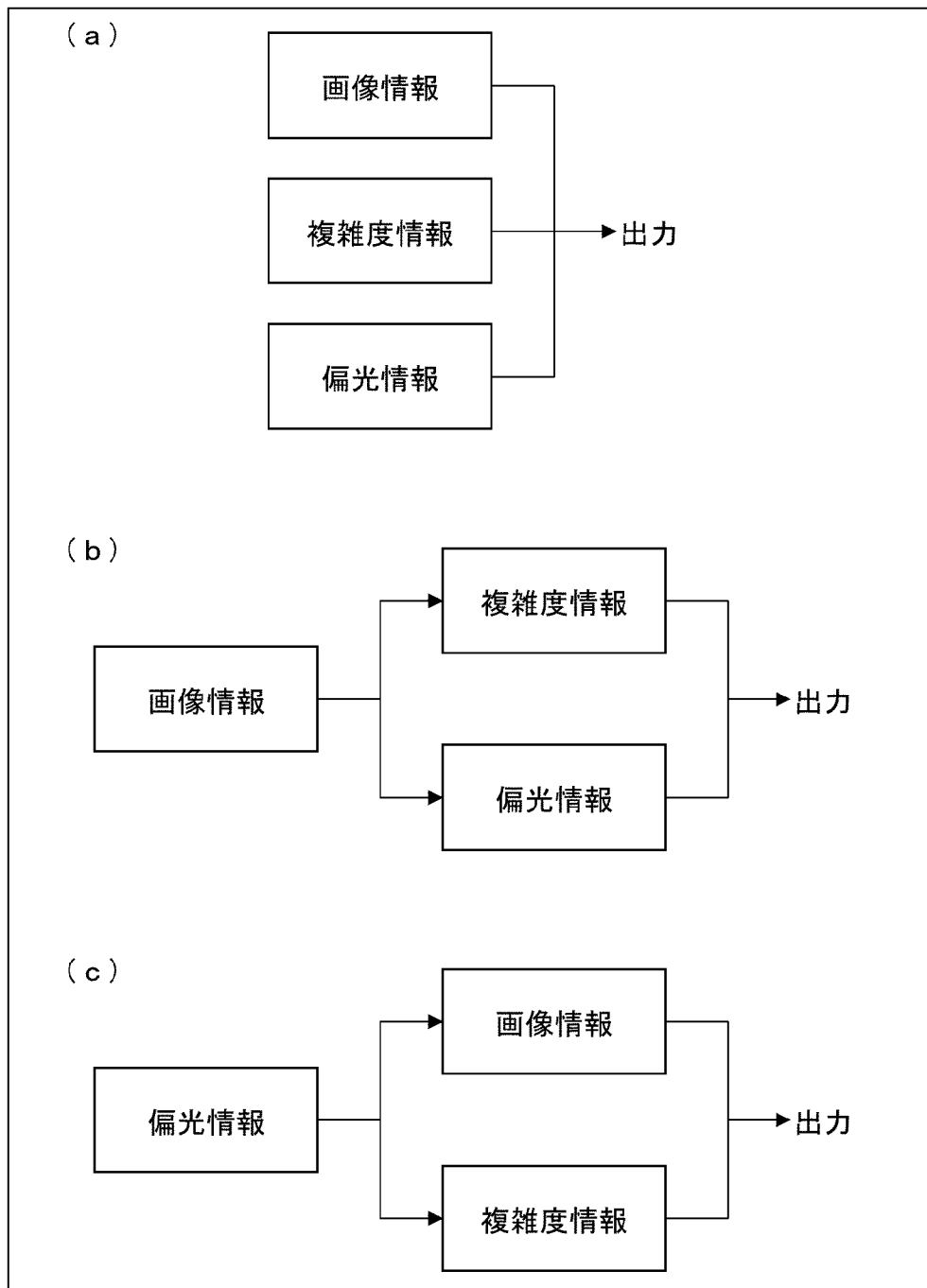
[図7]

図 7

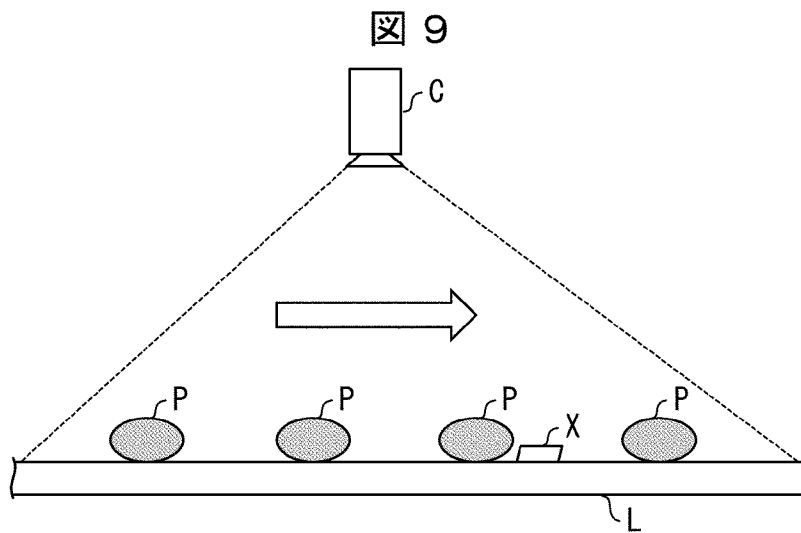


[図8]

図 8

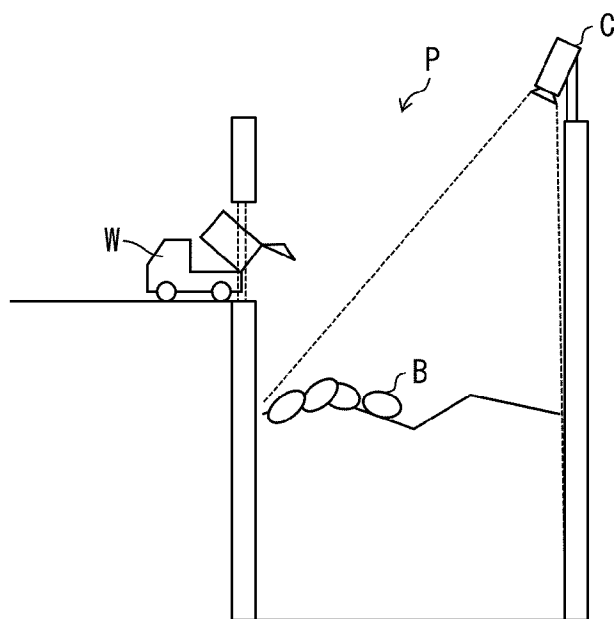


[図9]



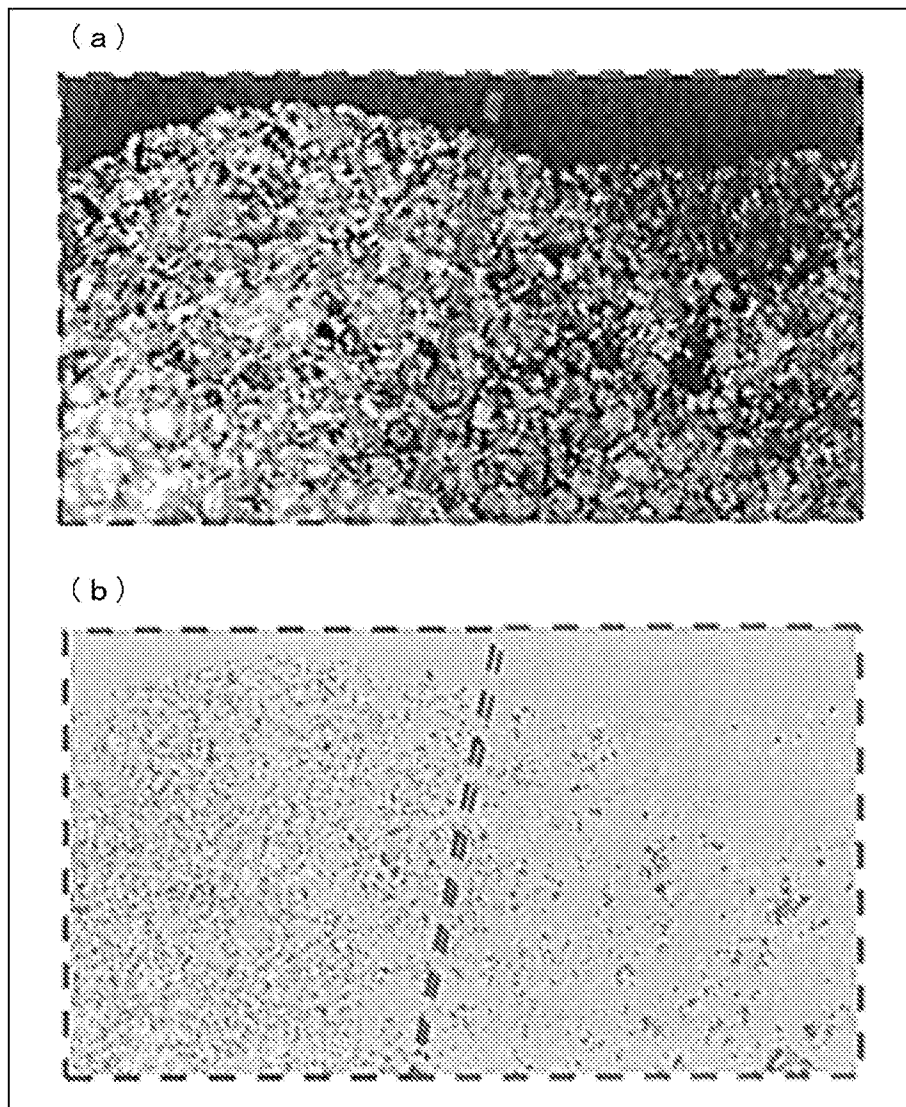
[図10]

図 10



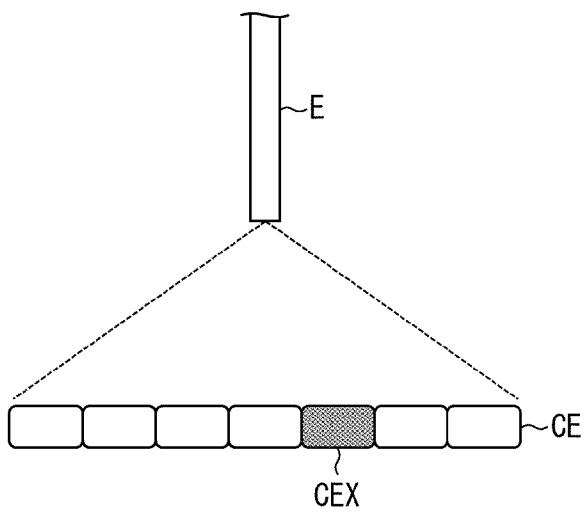
[図11]

図 11

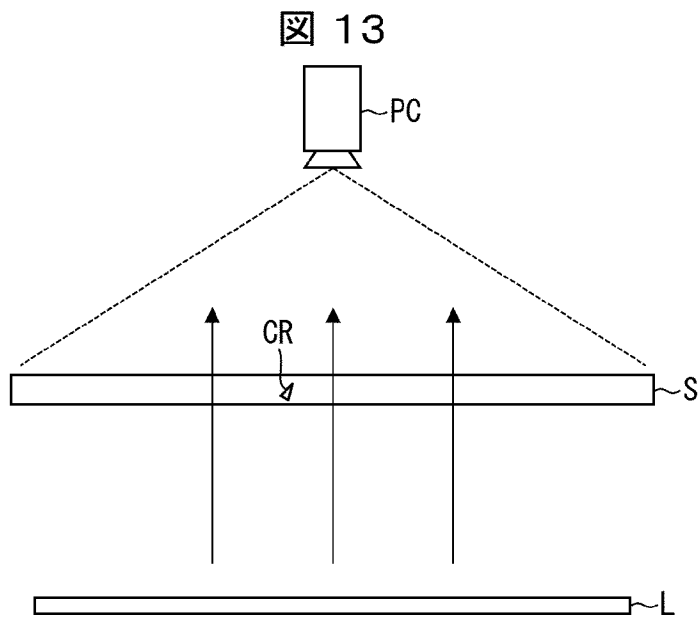


[図12]

図 12

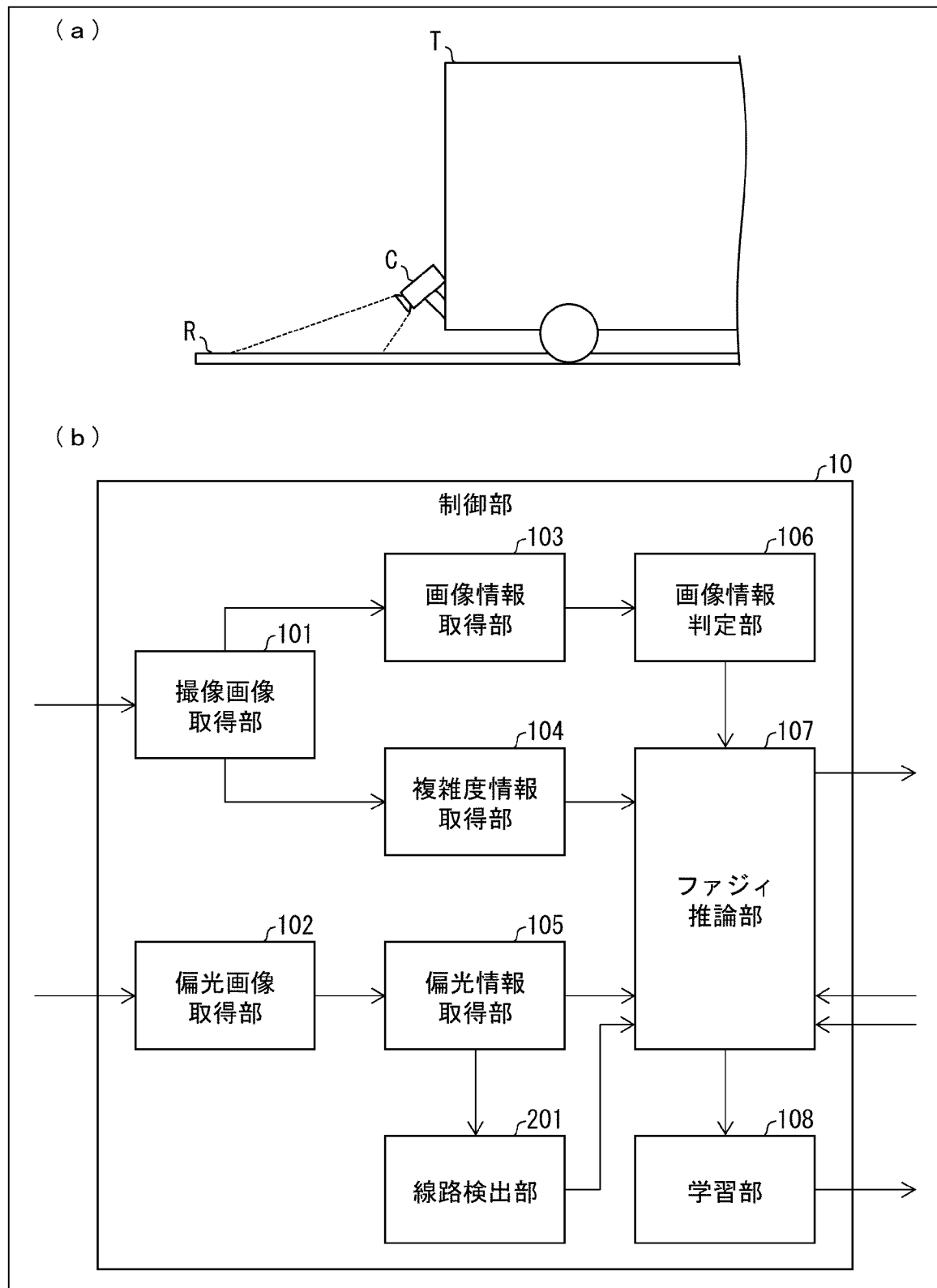


[図13]



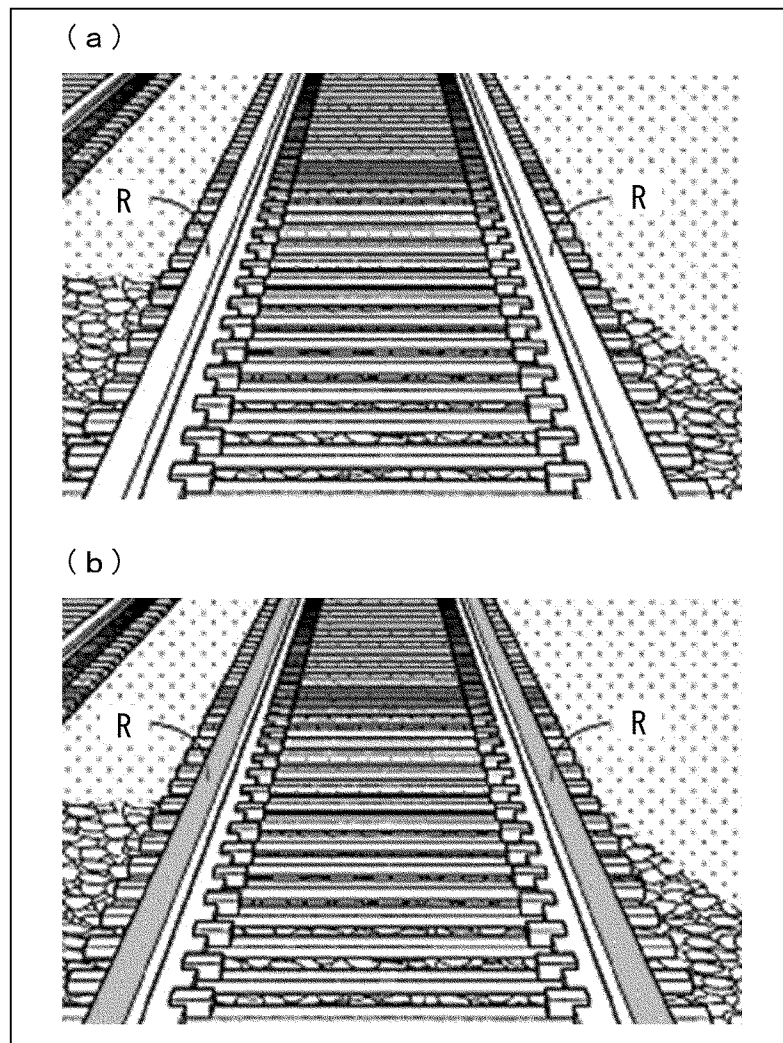
[図14]

図 14



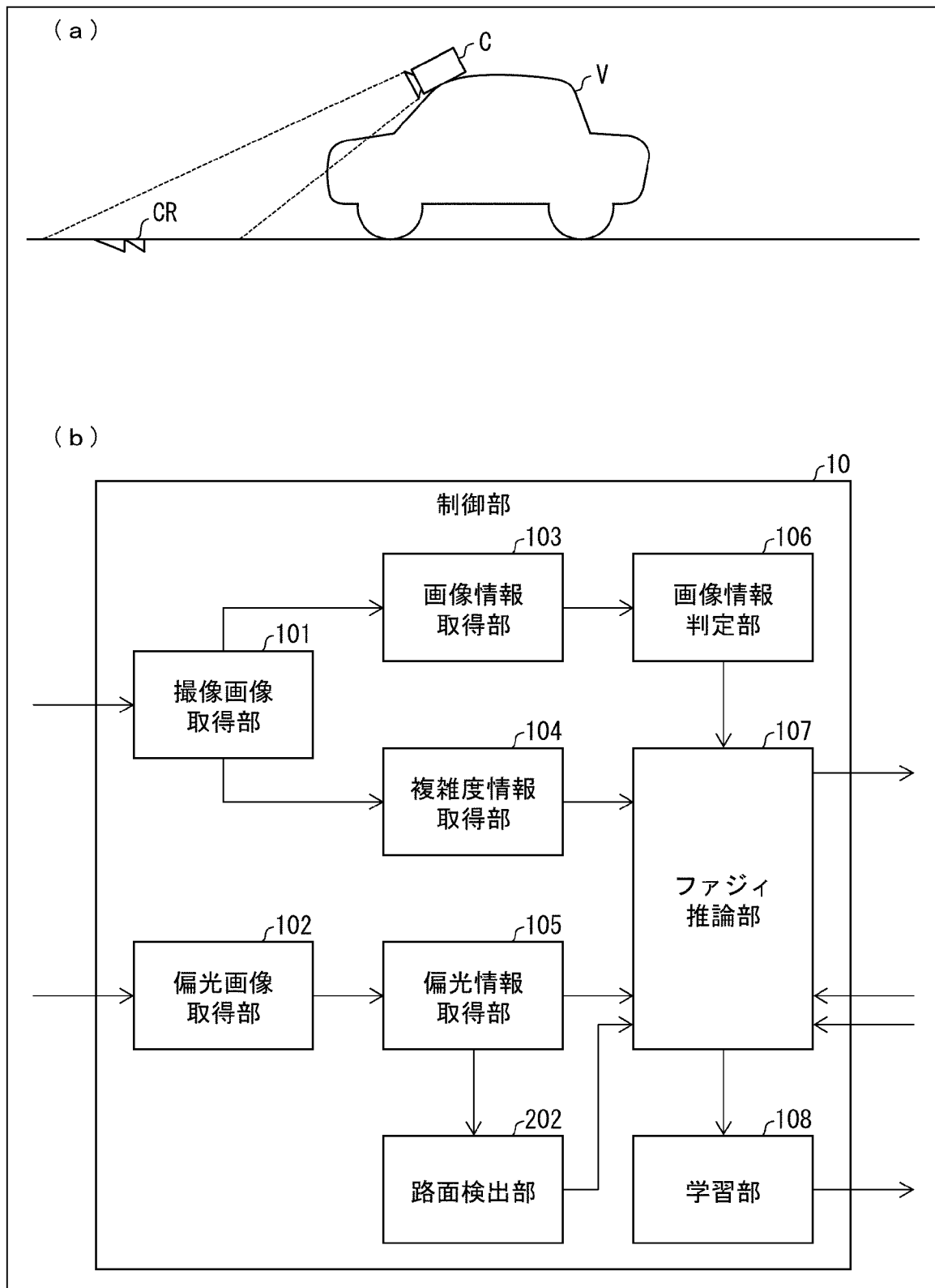
[図15]

図 15



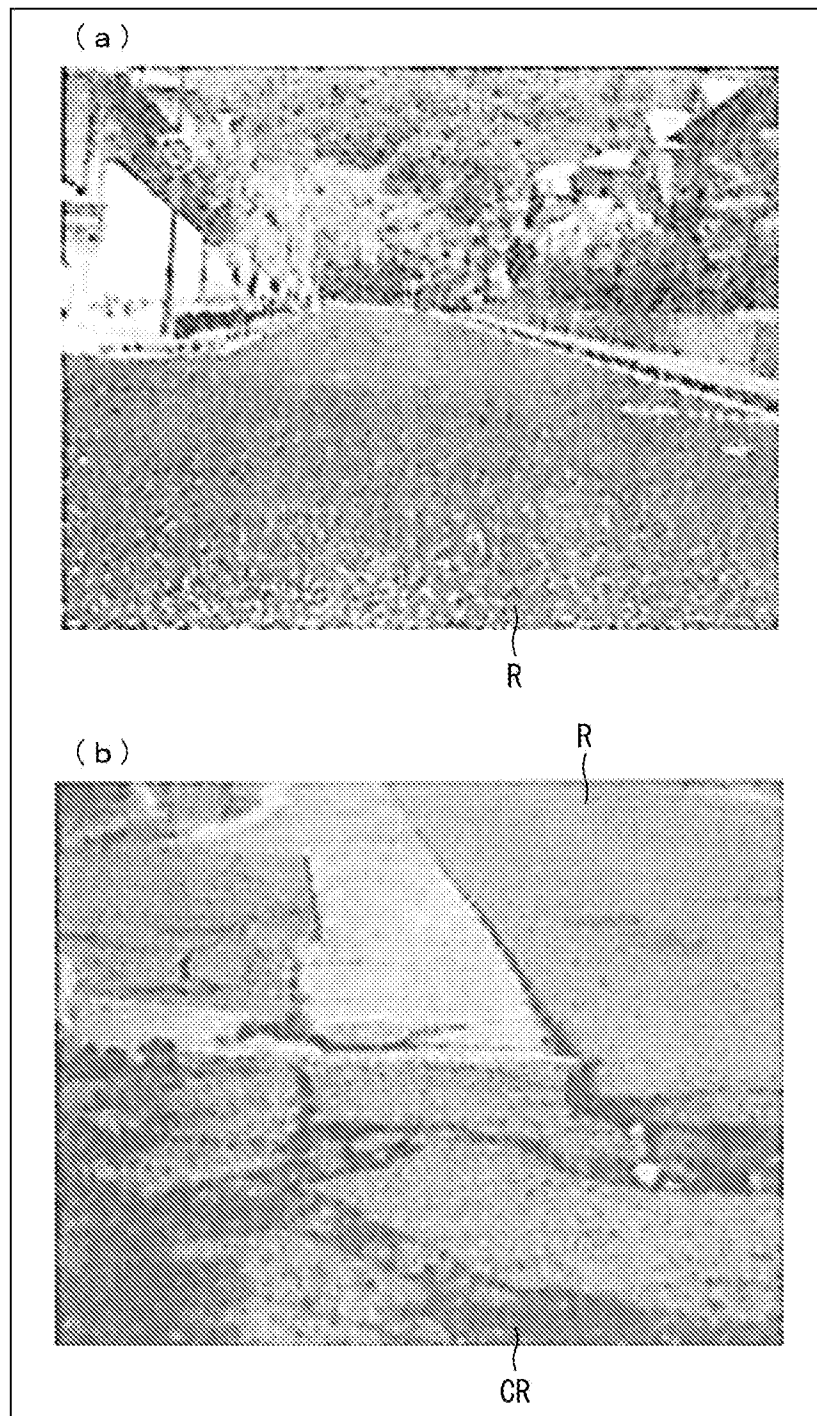
[図16]

図 16



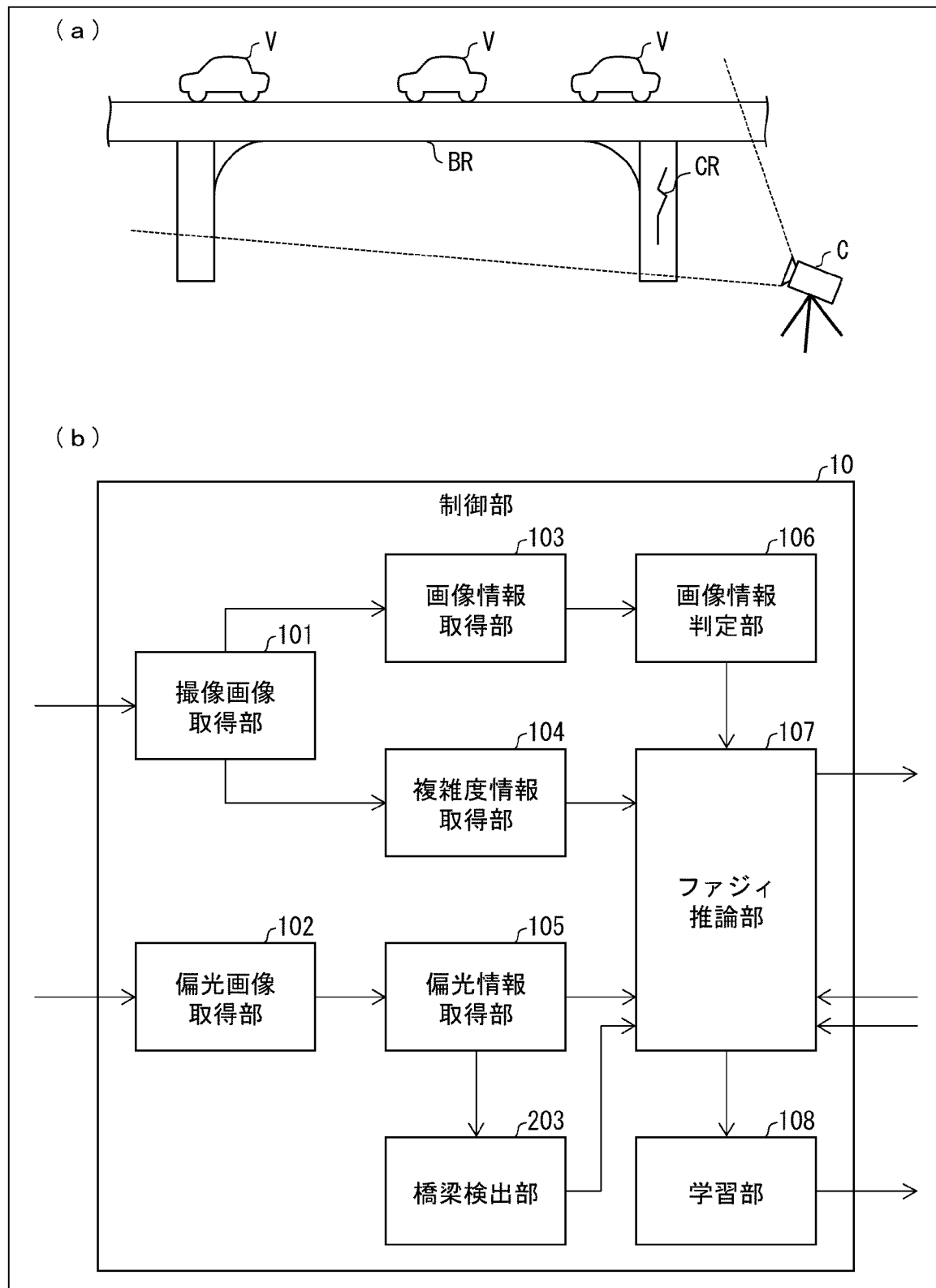
[図17]

図 17



[図18]

図 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/039936

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G06T7/00 (2017.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G06T7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2017-151588 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 31 August 2017, paragraphs [0014]-[0040], fig. 1, 2 (Family: none)	1-3, 9, 10 5 4, 6-8
Y A	JP 2015-187031 A (HITACHI ZOSEN CORP.) 29 October 2015, paragraphs [0001]-[0012] (Family: none)	5 1-4, 6-10
A	JP 8-69533 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 12 March 1996, paragraphs [0001]-[0027] & US 5638465 A, column 1, line 1 to column 9, line 2 & DE 19521346 A1	1-10
A	JP 2011-78036 A (JVC KENWOOD HOLDINGS INC.) 14 April 2011, paragraphs [0001]-[0009] & US 2011/0080400 A1, paragraphs [0001]-[0014]	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 January 2019 (11.01.2019)

Date of mailing of the international search report
22 January 2019 (22.01.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06T7/00(2017.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06T7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2017-151588 A（日本電信電話株式会社）2017.08.31, 段落[0014]－[0040]及び図1, 2（ファミリーなし）	1－3, 9, 10 5 4, 6－8
Y A	JP 2015-187031 A（日立造船株式会社）2015.10.29, 段落[0001]－[0012]（ファミリーなし）	5 1－4, 6－10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.01.2019

国際調査報告の発送日

22.01.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

川▲崎▼ 博章

5H

5284

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 8-69533 A (日本電信電話株式会社) 1996.03.12, 段落 [0001] – [0027]	1 – 10
A	& US 5638465 A, 第1欄第1行–第9欄第2行 & DE 19521346 A1 JP 2011-78036 A (JVC・ケンウッド・ホールディングス株式会社) 2011.04.14, 段落 [0001] – [0009] & US 2011/0080400 A1, 段落 [0001] – [0014]	1 – 10